



TUGAS AKHIR - SB-141510

**VIABILITAS *BIOFERTILIZER* BERBAHAN BAKU
Azotobacter PADA MEDIA PEMBAWA PADAT
BERBENTUK GRANUL**

Febriana Puji Rahayu
1513 100 062

Dosen Pembimbing:
Dr. Enny Zulaika, MP

DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



TUGAS AKHIR - SB-141510

**VIABILITAS *BIOFERTILIZER* BERBAHAN BAKU
Azotobacter PADA MEDIA PEMBAWA PADAT
BERBENTUK GRANUL**

Febriana Puji Rahayu
1513 100 062

Dosen Pembimbing:
Dr. Enny Zulaika, MP

DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



FINAL PROJECT - SB-141510

THE VIABILITY OF *Azotobacter* IN BIOFERTILIZER GRANULAR

Febriana Puji Rahayu
1513 100 062

Adviser Lecture:
Dr. Enny Zulaika, MP

BIOLOGY DEPARTMENT
MATHEMATIC AND NATURAL SCIENCE
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017

LEMBAR PENGESAHAN

**VIABILITAS *BIOFERTILIZER* BERBAHAN BAKU
Azotobacter PADA MEDIA PEMBAWA PADAT
BERBENTUK GRANUL**

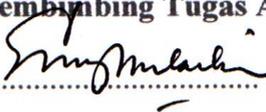
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada
Program Studi S-1
Departemen Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**FEBRIANA PUJI RAHAYU
NRP. 1513100062**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dr. Enny Zulaika, MP..... (Pembimbing 1)

Surabaya, 31 Mei 2017

Mengetahui,
Ketua Departemen Biologi


Dr. Dewi Hidayati, S. Si., M.Si
NIP. 19691121 199802 2 001 



**VIABILITAS *BIOFERTILIZER* BERBAHAN BAKU
Azotobacter PADA MEDIA PEMBAWA PADAT BERBENTUK
GRANUL**

Nama : Febriana Puji Rahayu
NRP : 1512100062
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Dr. Enny Zulaika, MP

Abstrak

Azotobacter merupakan bakteri aerob yang banyak dijumpai di rhizosfer dan mampu memfiksasi nitrogen. *Azotobacter A1b, A3, A6, A9, dan A10* yang diisolasi dari lahan Eco Urban Farming ITS selain mampu memfiksasi nitrogen dan juga melarutkan fosfat dan kalium. Berdasarkan potensi konsorsium, *Azotobacter* tersebut dapat digunakan sebagai agen pengomposan untuk biofertilizer curah. Produk biofertilizer supaya mudah digunakan maka memerlukan pengemasan dengan mengubah biofertilizer bentuk curah ke bentuk granul. Penggunaan bahan perekat tepung tapioka, tanah liat, dan gum arabika masing-masing sebesar 5%. Biofertilizer granul dengan masa simpan bulan ke 0, 1, dan 2 masing-masing dianalisis kandungan nitrat tersedia, fosfat terlarut, kalium tersedia dan viabilitas *Azotobacter*.

Hasil Biofertilizer berbentuk granul dengan konsorsium *Azotobacter* pada ketiga bahan perekat mempunyai viabilitas yang hampir sama. Bahan perekat tepung tapioka lebih efektif digunakan, dapat mempertahankan nutrisi (NPK), harga ekonomis, proses dispersi cepat, dan mempunyai nutrisi (NPK) lebih tinggi dibandingkan gum arab dan tanah liat setelah penyimpanan 2 bulan.

Kata kunci: *Azotobacter*, Biofertilizer Granul, Viabilitas.

THE VIABILITY OF *Azotobacter* IN GRANULAR BIOFERTILIZER

Student Name : Febriana Puji Rahayu
NRP : 1512100062
Department : Biologi
Advice Lecture : Dr. Enny Zulaika, MP

Abstract

Azotobacter is an aerobic bacteria that is found in rhizosphere and have ability to fix nitrogen. *Azotobacter* A1b, A3, A6, A9, and A10 which were isolated from the Eco Urban Farming ITS field not only able to fix nitrogen but also dissolve phosphate and potassium. Based on the potential of the consortium, the *Azotobacter* can be used as a composting agent for bulk biofertilizer. The biofertilizer product requires packaging by converting the bulk biofertilizer to granule to make this product more easy to use. It was used adhesives of tapioca starch, clay, and gum arabica are 5% each. Granular biofertilizer with a shelf life of 0, 1, and 2 months respectively analyzed nitrate availability, phosphate dissolved, potassium availability, and viability of *Azotobacter*

The result is the viability on all three adhesives of granular biofertilizer with *Azotobacter* consortium has same. Tapioca starch adhesives are more effectively used, can maintain nutrients (NPK), economical prices, fast dispersion process, and higher of nutrients (NPK) than gum arab and clay after 2 months storage.

Keywords: *Azotobacter*, Granular Biofertilizer, Viability.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan hikmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul “Viabilitas *Biofertilizer* Berbahan Baku *Azotobacter* pada Media Pembawa Padat Berbentuk Granul”. Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk dapat menyelesaikan perkuliahan dan predikat Sarjana di departemen Biologi FMIPA ITS.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dalam pelaksanaannya tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu yaitu:

1. Ibu Asri, Bapak Imam, Mbak Mita, Mas Arif, Yogi, dan Mikail yang telah memberikan do'a, semangat dan restunya.
2. Ibu Dr. Dewi Hidayati, S.Si. M.Si selaku Ketua Jurusan Biologi ITS.
3. Ibu Dr. Enny Zulaika, MP selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan masukan.
4. Ibu Nur Hidayatul Alami S.Si., M.Si dan Ir. Sri Nurhatika, MP selaku Dosen Penguji.
5. Sahabat-sahabat terbaik saya: Rizky Altryara, Dea, Fadiah, Fennalia, Rizky Alvian, Dessy, Alhik, Ayuri, Ayu, Irine, Rara, Fara, Gian, Indah, Shouma, Idea, Fika, dan Barajuang (spesial Ades dan Nindy).

Penulis menyadari bahwa penulisan proposal ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat berarti bagi penulis dan semoga dapat bermanfaat untuk penulis maupun pembaca.

Surabaya, 31 Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
Abstrak	iv
<i>Abstract</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	2
1.5. Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Kompos	5
2.2. Proses Pengomposan	6
2.2.1 Seresah	7
2.2.2 Agen Proses Pengomposan	8
2.2.3 Kompos Matang	9
2.2.4 <i>Biofertilizer</i>	10
2.3 <i>Azotobacter</i>	11

2.3.1	Klasifikasi dan Morfologi	11
2.3.2	Pembentukan Kista.....	12
2.3.3	Kemampuan <i>Azotobacter</i>	13
2.3.4	Mekanisme <i>Azotobacter</i> dalam Penambahan NPK.....	14
2.4	<i>Biofertilizer</i> Granul.....	17
2.4.1	Kadar Air.....	18
2.4.2	Waktu Dispersi.....	18
2.5	Sifat Fisik Tanah	19
2.6	Bahan Perikat.....	20
2.6.1	Tepung Tapioka.....	21
2.6.2	Tanah Liat	22
2.6.3	Gum Arabika	22
2.7	Nutrisi.....	23
2.7.1	Nitrogen (N)	24
2.7.2	Fosfor (P).....	25
2.7.3	Kalium (K)	25
BAB III METODOLOGI		28
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.2.	Metode Penelitian.....	28
3.2.1	Inokulan.....	28
3.2.2	Proses Pengomposan	29
3.2.3	Kandungan NPK <i>Biofertilizer</i> Curah.....	31
3.2.4	Proses granulasi.....	35

3.2.5	Kandungan NPK pada <i>Biofertilizer</i> Granul.....	36
3.3	Rancangan Penelitian dan Analisis Data.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		40
4.1	Proses Pengomposan	40
4.1.1	Kualitas Kompos	41
4.1.2	Viabilitas <i>Azotobacter</i> setelah Pengomposan.....	43
4.2	Proses Granulasi	43
4.2.1	Viabilitas <i>Azotobacter</i> setelah Pengomposan.....	45
4.2.2	Kadar Air	46
4.2.3	Waktu Dispersi	47
4.3	Uji Kandungan Nutrisi	48
4.3.1	Uji Konsentrasi Nitrat	48
4.3.2	Uji Konsentrasi Fosfat.....	50
4.3.3	Uji Konsentrasi Kalium.....	51
4.4	Kefektifan Bahan Perekat.....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		54
5.1	Kesimpulan.....	54
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA.....		56
LAMPIRAN		62
BIODATA PENULIS.....		86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Degredasi Limbah Organik	6
Gambar 2.2. Proses Umum Pengomposan Limbah Padat Organik	7
Gambar 2.3. Genus <i>Azotobacter</i> Diamati dengan Laser Scanning Fluorescence.....	11
Gambar 2.4. Genus <i>Azotobacter</i>	12
Gambar 2.5. Reaksi Penambatan Nitrogen.....	14
Gambar 2.6. Reaksi Hidrolisis Fosfat	16
Gambar 4.1. Warna Kompos.....	42
Gambar 4.2. <i>Biofertilizer</i> Bentuk Granul	44
Gambar 4.3. Kadar Air	46
Gambar 4.4. Waktu Dispersi <i>Biofertilizer</i> Granul.....	47
Gambar 4.5. Kandungan Nitrat	49
Gambar 4.6. Kandungan Fosfat.....	50
Gambar 4.7. Kandungan Kalium.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Organisme yang Terlibat pada Proses Pengomposan...	8
Tabel 2.2. Perbedaan Tekstur Tanah	20
Tabel 2.3. Perbedaan Karbohidrat Tapioka dan Singkong	21
Tabel 2.4. Standar Kualitas Kompos	24
Tabel 4.1. Data Kualitas Kompos	41
Tabel 4.2. Data Viabilitas <i>Azotobacter</i> setelah Pengomposan	45
Tabel 4.3. Uji Bahan Perekat.....	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pembuatan Medium <i>Nutrient Agar</i>	61
Lampiran 2. Subkultur <i>Azotobacter</i>	61
Lampiran 3. Pembuatan Medium Starter.....	62
Lampiran 4. Proses Pengomposan.....	63
Lampiran 5. Analisis Maturasi Kompos.....	64
Lampiran 6. Pembuatan <i>Biofertilizer</i> Granul	65
Lampiran 7. Perhitungan Viabilitas.....	66
Lampiran 8. Waktu Dispersi	66
Lampiran 9. Penentuan Kadar Air.....	67
Lampiran 10. Perhitungan Nitrat.....	67
Lampiran 11. Perhitungan Fosfat	70
Lampiran 12. Perhitungan Kalium	72
Lampiran 13. Suhu Pengomposan.....	74
Lampiran 14. Perhitungan Kadar Nitrat	74
Lampiran 15. Perhitungan Kadar Fosfat	75
Lampiran 16. Perhitungan Kadar Kalium	76
Lampiran 17. Gambar Proses Pengomposan.....	78
Lampiran 18. Gambar Proses Granulasi.....	80
Lampiran 19. Gambar Perhitungan Viabilitas.....	82
Lampiran 20. Gambar Uji Konsentrasi Fosfat, Nitrat, Kalium ..	83

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Azotobacter merupakan bakteri aerob yang banyak dijumpai di rhizosfer (Madigan *et al.*, 2012), mampu menambat nitrogen atmosferik (Kholida & Zulaika, 2015), dan meningkatkan ketersediaan nitrogen tanah (Hindersah *et al.*, 2014). *Azotobacter* A1b, A3, A6, A9, dan A10 yang diisolasi dari lahan *Eco Urban Farming* ITS selain mampu menambat nitrogen juga mampu mendegradasi karbohidrat, lignin, lipid, dan protein (Firdausi & Zulaika, 2015), mampu melarutkan fosfat (Islamiati & Zulaika, 2015), mampu menghasilkan IAA (Kholida & Zulaika, 2015), dan mampu menghasilkan siderofor (Pamungkas & Zulaika, 2015). Berdasarkan potensi tersebut, *Azotobacter* dapat digunakan sebagai agen *composting*.

Agen *composting* merupakan penambahan mikroorganisme ke dalam media kompos yang memanfaatkan aktifitas mikroorganisme dalam proses perombakan bahan organik. Mikroba di dalam kompos akan menggunakan oksigen untuk menguraikan bahan organik menjadi CO₂, uap air, dan panas. Setelah sebagian besar bahan terurai, maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan dan akan menjadi kompos (Isroi, 2008). Kompos yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai pupuk hayati (*Biofertilizer*).

Biofertilizer adalah inokulan berbahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk menambat hara tertentu atau memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman (Simanungkalit *et al.*, 2006). Manfaat *biofertilizer* untuk membantu tanaman memperbaiki nutrisinya sehingga dapat meningkatkan produktivitas pertanian baik kualitas maupun kuantitas, serta ramah lingkungan (Simanungkalit *et al.*, 2006).

Produk *biofertilizer* supaya mudah digunakan maka memerlukan suatu pengemasan yang mudah dibawa dan ekonomis. Salah satu cara yang digunakan yaitu dengan

mengubah *biofertilizer* bentuk curah ke bentuk granul (Utari *et al.*, 2012). *Biofertilizer* granul tidak menimbulkan debu, mudah dibawa, mencegah overdosis nutrisi tanaman saat pelepasan nutrisi yang mendadak, serta memperbaiki penampilan dan kemasan produk (Wahyono *et al.*, 2011). Proses granulasi kompos dapat menggunakan tepung tapioka, tanah liat, dan gum arabica sebagai perekat media pembawa *biofertilizer*.

Pada penelitian terlebih dahulu telah didapatkan *biofertilizer* menggunakan konsorsium *Azotobacter* yang masih dalam bentuk curah. Pada penelitian ini akan dilakukan proses granulasi dan pengujian kekuatan agregasi *biofertilizer* granul.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah

1. Apakah *Azotobacter* pada *biofertilizer* yang disimpan dalam bentuk granul masih mempunyai viabilitas yang tinggi?
2. Bagaimanakah efektifitas bahan perekat untuk *biofertilizer* berbentuk granul?
3. Seberapa besarkah kandungan nitrogen, fosfat, dan kalium pada *biofertilizer* berbentuk granul?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah

1. Uji dilakukan dalam skala laboratorium.
2. *Azotobacter* yang digunakan adalah *Azotobacter* A1b, A3, A6, A9, dan A10 yang diisolasi dari lahan Eco Urban Farming ITS.

1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui viabilitas konsorsium *Azotobacter* pada *biofertilizer* berbentuk granul.
2. Mengetahui efektifitas bahan perekat untuk *biofertilizer* berbentuk granul.

3. Mengetahui kandungan nitrogen, fosfat, dan kalium pada *biofertilizer* berbentuk granul

1.5. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah menghasilkan produk *biofertilizer* yang ramah lingkungan, ekonomis, dan dalam bentuk praktis yang mudah dibawa dan digunakan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kompos

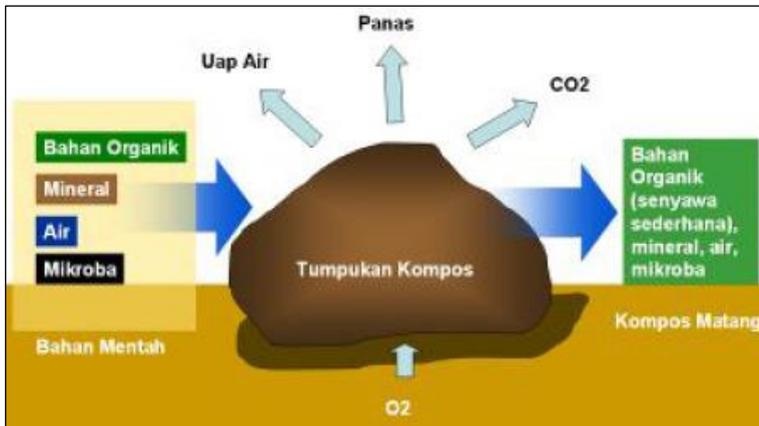
Kompos merupakan produk dari dekomposisi biologis bahan organik, pembusukan sisa-sisa tanaman maupun hewan pada kondisi terkontrol, dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik atau anaerobik (Chen *et al.*, 2011, Isroi, 2008). Proses pengomposan adalah proses penguraian dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis, khususnya oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Cara membuat kompos adalah mengatur dan mengontrol proses alami tersebut agar kompos dapat terbentuk lebih cepat. Proses ini meliputi membuat campuran bahan yang seimbang, pemberian air yang cukup, dan penambahn aktivator kompos (Isroi, 2008).

Penambahan kompos untuk tanah pertanian memiliki efek menguntungkan pada tanaman pengembangan dan hasil dengan meningkatkan fisik tanah dan sifat biologis (Zheljzkov & Warman, 2004 dalam Gharib *et al.*, 2008) dan berkontribusi untuk mengurangi massa keseluruhan limbah (Faverial *et al.*, 2016). Kompos akan memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik dan meningkatkan kemampuan tanah untuk mempertahankan kandungan air tanahnya. Aktivitas mikroba tanah bermanfaat bagi tanaman untuk menyerap unsur hara dari tanah dan menghasilkan senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman serta dapat membantu tanaman menghadapi serangan penyakit (Isroi, 2008). Dalam penambahan mikroorganisme untuk mempercepat pengomposan, hal tersebut dapat terjadi dengan cara penambahan *Azotobacter* atau disebut bioaugmentasi, di mana mikroorganisme pengurai ditambahkan untuk melengkapi populasi mikroba yang telah ada (Sethi & Adhikary., 2012). Bioaugmentasi bakteri pemfiksasi N₂ nonsimbiotik *Azotobacter* adalah salah satu cara

untuk meningkatkan ketersediaan N tanah di lahan pertanian berkelanjutan (Hindersah *et al.*, 2014).

2.2. Proses Pengomposan

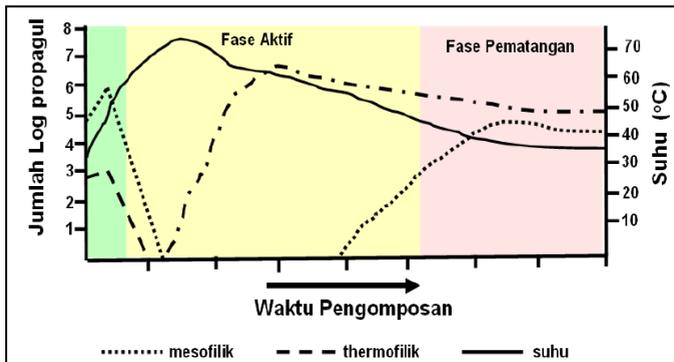
Proses pengomposan adalah proses biologis di mana limbah organik *biodegradable* diubah menjadi produk (kompos) yang digunakan sebagai pemeliharaan tanah dan pupuk organik. Kompos juga digunakan sebagai kontrol biologi terhadap berbagai patogen tanaman (Hoitink & Grebus, 1994 dalam Gharib *et al.*, 2008). Menurut Chen *et al* (2011), proses *biodegradable* limbah organik terjadi secara alami, dimana limbah dari partikel berukuran besar dirubah menjadi partikel yang lebih kecil (Gambar 2.1). Selama proses proses pengomposan akan terjadi penyusutan volume maupun biomassa bahan. Pengurangan ini dapat mencapai 30 - 40 % dari volume atau bobot awal bahan (Isroi, 2008).



Gambar 2.1. Proses Degradasi Limbah Organik (Isroi, 2008).

Proses proses pengomposan dapat terjadi secara aerobik (menggunakan oksigen) atau anaerobik (tidak ada oksigen). Proses aerobik dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap aktif dan tahap pematangan, dimana oksigen dan senyawa-senyawa yang

mudah terdegradasi akan segera dimanfaatkan oleh mikroba mesofilik. Suhu tumpukan kompos akan meningkat dengan cepat hingga di atas 50°C - 70°C (Gambar 2.2). Selanjutnya terjadi proses anaerobik, dekomposisi atau penguraian, dimana mikroba di dalam kompos akan menguraikan bahan organik menjadi CO_2 , uap air, dan panas (Isroi, 2008).



Gambar 2.2. Proses Umum Pengomposan Limbah Padat Organik (Isroi, 2008).

2.2.1 Seresah

Seresah adalah bahan-bahan yang telah mati, terletak diatas permukaan tanah dan mengalami dekomposisi dan mineralisasi. Komponen-komponen yang termasuk seresah adalah daun, ranting, cabang kecil, kulit batang, bunga dan buah (Mindawati dan Pratiwi, 2008 dalam Aprianis, 2011). Seresah dedaunan merupakan hasil dari aktifitas alami tumbuhan. Limbah seresah dari pepohonan dan tanaman, seperti dedaunan dan ranting, memiliki komposisi selulosa sebesar 45% dari berat kering bahan. Sedangkan hemiselulosa menempati 20 -30% dan sisanya adalah Lignin. Dekomposisi seresah adalah proses perombakan seresah sebagai sumber bahan organik oleh jasad renik (mikroba) menjadi energi dan senyawa sederhana seperti karbon, nitrogen, fosfat, belerang, kalium, dan lain-lain (Aprianis, 2011). Seresah daun dapat terdekomposisi secara alami, namun membutuhkan waktu

yang lama. Proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat jika terdapat penambahan mikroorganisme (Hanum & Kuswytasari, 2014).

2.2.2 Agen Proses Pengomposan

Agen proses pengomposan merupakan pemanfaatan mikroorganisme dalam proses perombakan bahan organik. Beberapa mikroorganisme yang terlibat pada proses pengomposan, bakteri, memiliki jumlah kepadatan sel pada kompos antara 10^8 - 10^9 (tabel 2.1) yang dibutuhkan pada tiap gram kompos digunakan untuk mempercepat proses pengomposan. Mikroba di dalam kompos akan menggunakan oksigen untuk menguraikan bahan organik menjadi CO_2 , uap air, dan panas. Setelah sebagian besar bahan terurai, maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan dan akan menjadi kompos (Isroi, 2008).

Tabel 2.1. Organisme yang terlibat pada proses pengomposan

Kelompok Organisme	Organisme	Jumlah/g kompos
Mikroflora	Bakteri	$10^8 - 10^9$
	Actinomicetes	$10^5 - 10^8$
	Kapang	$10^4 - 10^6$
Mikrofauna	Protozoa	$10^4 - 10^5$
Makroflora	Jamur Tingkat Tinggi	
Makrofauna	Cacing tanah, Rayap, Semut	

(Sumber: Isroi, 2008)

2.2.3 Kompos Matang

Kompos diasumsikan telah matang saat berbau tanah, warna kehitaman, tekstur remah dan suhu mengalami penurunan (dingin) (SNI 19-7030-2004). Menurut Isroi (2008) beberapa cara sederhana untuk mengetahui tingkat kematangan kompos :

1. Bau

Kompos yang sudah matang berbau seperti tanah dan harum, meskipun kompos dari sampah kota. Apabila kompos tercium bau yang tidak sedap, berarti terjadi fermentasi anaerobik dan menghasilkan senyawa-senyawa berbau yang mungkin berbahaya bagi tanaman. Apabila kompos masih berbau seperti bahan mentahnya berarti kompos masih belum matang.

2. Kekerasan Bahan

Kompos yang telah matang akan terasa lunak ketika dihancurkan. Bentuk kompos mungkin masih menyerupai bahan asalnya, tetapi ketika diremas-remasakan mudah hancur.

3. Warna kompos

Warna kompos yang sudah matang adalah coklat kehitam-hitaman. Apabila kompos masih berwarna hijau atau warnanya mirip dengan bahan mentahnya berarti kompos tersebut belum matang. Selama proses pengomposan pada permukaan kompos seringkali juga terlihat miselium jamur yang berwarna putih.

4. Suhu

Suhu berpengaruh dalam proses pengomposan untuk pertumbuhan dan aktivitas bakteri untuk melakukan dekomposisi. Penggunaan termometer sangat dibutuhkan untuk mengontrol kondisi suhu selama proses proses pengomposan (Chen *et al.*, 2011). Suhu kompos yang sudah matang mendekati dengan suhu awal pengomposan. Suhu kompos yang masih tinggi, atau di atas 50°C, berarti proses pengomposan masih berlangsung aktif dan kompos belum cukup matang (Isroi, 2008).

5. Oksigen

Proses proses pengomposan juga dipengaruhi adanya oksigen. Kebutuhan oksigen pada proses proses pengomposan

agar bakteri tetap hidup adalah 21 % sampai batas minimum 5 % (Chen *et al.*, 2011).

Kompos yang sudah matang dapat ditambah dengan mikroorganisme untuk menjadi *biofertilizer* (Isroi, 2008).

2.2.4 Biofertilizer

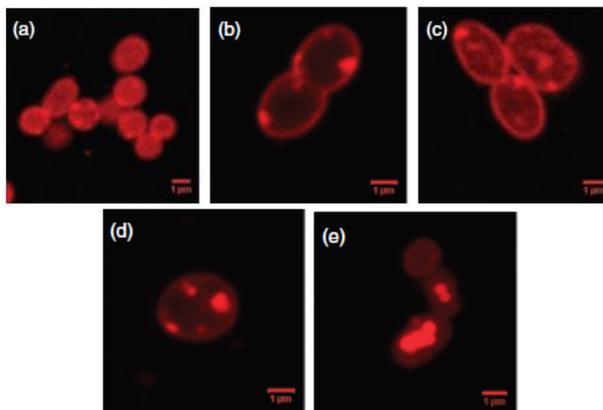
Biofertilizer adalah inokulan berbahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk menambat hara tertentu atau memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman (Simanungkalit *et al.*, 2007). *Biofertilizer* lebih aman digunakan dan ramah lingkungan, karena mengandung koloni mikroorganisme rhizosfer yang membantu pertumbuhan tanaman dengan menambah sumber nutrisi untuk tanaman dan menstimulus pertumbuhan tanaman, ketika diaplikasikan untuk benih, permukaan tanaman, atau tanah yang hidup. *Biofertilizer* dibagai menjadi beberapa tipe tergantung kemampuan mikroorganisme, yaitu *biofertilizer* pengikat nitrogen, *biofertilizer* pelarut fosfat, dan *biofertilizer* penstimulus pertumbuhan tanaman. Mekanisme kerja *biofertilizer* adalah memfiksasi nitrogen atmosfer di tanah dan akar akan mentransfusikannya ke tanaman, fosfat yang berada disekitar tanaman akan diserap dari tanah, kemudian kedua nutrisi tersebut akan menghasilkan hormon dan anti-metabolit untuk menginisiasi pertumbuhan akar, dan kompos organik akan membantu proses mineralisasi di tanah. *Biofertilizer* akan meningkatkan viabilitas nutrisi untuk tanaman sebesar 10-25% tanpa berdampak pada tanah dan lingkungan (Muraleedharan *et al.*, 2010).

Oleh sebab itu, *biofertilizer* bermanfaat untuk membantu tanaman memperbaiki nutrisinya sehingga dapat meningkatkan produktivitas pertanian baik kualitas maupun kuantitas, serta ramah lingkungan (Simanungkalit *et al.*, 2007). Produk *biofertilizer* supaya mudah digunakan maka memerlukan suatu pengemasan yang mudah dibawa dan ekonomis. Salah satu cara yang digunakan yaitu dengan mengubah kompos bentuk curah ke bentuk granul (Utari *et al.*, 2012).

2.3 *Azotobacter*

2.3.1 Klasifikasi dan Morfologi

Pada bidang pertanian, unsur hara adalah salah satu faktor pembatas, terutama nitrogen (N) dan fosfor (P), untuk tanaman. Dalam peningkatan hasil panen dilakukan dengan menginokulasi bakteri seperti *Azotobacter*. *Azotobacter* adalah salah satu organisme yang menstimulus hormon pertumbuhan yang paling ekstensif dipelajari karena menguntungkan pada berbagai tanaman. *Azotobacter* dapat tumbuh dengan baik pada N-bebas dan media nutrisi sederhana yang berisi fosfat, magnesium, kalsium, molibdenum, besi, dan karbon sumber (Sethi & Adhikary, 2012).



Gambar 2.3. Genus *Azotobacter* diamati dengan Laser Scanning Fluorescence a) Inkubasi 0 jam, b) 1 jam, c) 2 jam, d) 3jam, dan e) 16 Jam (Hermawan & Jendrossek, 2007)

Azotobacter termasuk famili *Azotobacteriaceae*, termasuk gram negatif, nonsimbiotik, dan diazotrophs aerobik. Sel berbentuk batang, sel muda memiliki ukuran bervariasi 2,0-7,0 ke 1,0-2,5 µm dan kadang-kadang sel dewasa dapat meningkat hingga 10-12 µm, dan sel berubah menjadi oval, sel-

sel bulat, atau berbentuk batang. Beberapa spesies bersifat motil dengan adanya flagella (Garrity *et al.*, 2004). Bentuk *Azotobacter* dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Klasifikasi *Azotobacter* menurut (Brenner *et al.*, 2005) adalah sebagai berikut:

Domain: Bacteria

Phylum : Proteobacteria

Classis : Gammaproteobacteria

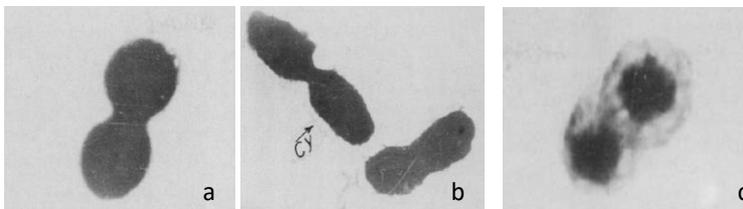
Ordo : Pseudomonadales

Familia : Pseudomonadaceae

Genus : *Azotobacter*

2.3.2 Pembentukan Kista

Bakteri ini termasuk pleomorfik, bentuk oval atau bulat berdinding tebal dan dapat menghasilkan sejumlah besar kapsul lender. *Azotobacter* yang sudah mature dapat tahan terhadap panas, desikasi, dan kondisi buruk dengan cara membentuk kista. Kista dalam kondisi yang menguntungkan dapat membentuk sel vegetatif dan dapat memproduksi polisakarida (Sethi & Adhikary, 2012). Kista bersifat seperti endospora, yakni tubuh berdinding tebal, sangat reaktif, dan resisten terhadap proses pengeringan, pemecahan molekul, ultraviolet, dan radiasi ionik (Garrity *et al.*, 2004). Bentuk pengamatan kista dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Genus *Azotobacter* a) Morfologi *Azotobacter* hari ke-1, b) Kista *Azotobacter* hari ke-7, dan c) pembentukan kapsul polisakarida disekeliling sel (Swaky & Sawaby, 1991)

2.3.3 Kemampuan *Azotobacter*

Azotobacter merupakan bakteri aerob yang banyak dijumpai di rhizosfer (Madigan *et al.*, 2012), mampu memproduksi kalium (Kholida & Zulaika, 2015), dan meningkatkan ketersediaan N tanah di lahan pertanian (Hindersah *et al.*, 2014). Beberapa spesies *Azotobacter* dapat memfiksasi nitrogen bebas sehingga bermanfaat untuk kesuburan tanah (Sethi & Adhikary, 2012). Selain itu, juga mampu mensintesis substansi yang secara biologis aktif dapat meningkatkan percambahan biji dan pertumbuhan tanaman seperti vitamin B, asam indol asetat, gibberelin, dan sitokinin (Ahmad *et al.*, 2006; Adiwiganda *et al.*, 2006). Bakteri *Azotobacter* yang diaplikasikan ke tanah pertanian akan terus mempersubur tanah karena bakteri yang semakin banyak jumlahnya di dalam tanah akan memperbanyak nitrogen yang difiksasi sehingga dapat digunakan tanaman (Hindersah *et al.*, 2014).

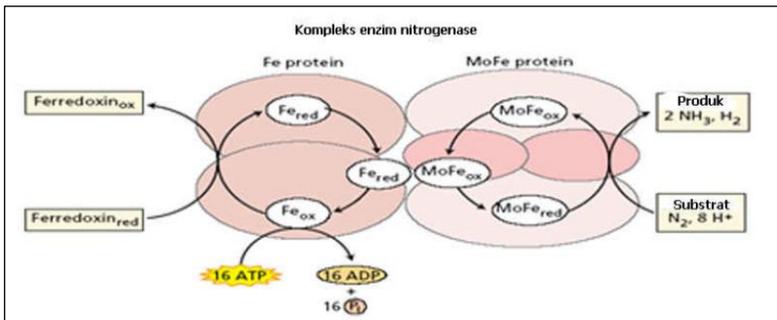
Oleh karena itu, *Azotobacter* digunakan sebagai mikroorganisme yang umum untuk *biofertilizer* dan merupakan inokulan untuk tanaman pertanian yang paling efektif. Pupuk hayati hanya mengandung sedikit *Azotobacter* di rizosfer tanaman. Namun, penambahan *Azotobacter* beberapa tanaman meningkatkan produktifitas tanah. Selain itu, karena fungsinya sebagai penambat N₂. *Azotobacter* diakui untuk memainkan peran ganda dalam tanaman untuk meningkatkan potensi pertumbuhan, hasil tanaman, dan pemeliharaan kesehatan tanah untuk pertanian berkelanjutan (Sethi & Adhikary, 2012).

Azotobacter A1b, A3, A6, A9, dan A10 yang diisolasi dari lahan Eco Urban Farming ITS mampu mendegradasi karbohidrat, lignin, lipid, dan protein (Firdausi & Zulaika, 2015), mampu melarutkan fosfat (Islamati & Zulaika, 2015), mampu menghasilkan IAA (Kholida & Zulaika, 2015), dan mampu menghasilkan siderofor (Pamungkas & Zulaika, 2015). Berdasarkan potensi tersebut, *Azotobacter* dapat digunakan sebagai agen *composting*.

2.3.4 Mekanisme *Azotobacter* dalam Penambatan NPK

2.3.4.1 Nitrogen (N)

Azotobacter dikenal sebagai agen penambat nitrogen yang mengkonversi dinitrogen (N_2) ke dalam bentuk (NH_3) melalui reduksi elektron dan protonisasi gas dinitrogen. Bakteri *Azotobacter* mampu menambat kurang lebih 20 mg nitrogen/g gula. Enzim yang bekerja dalam menambat N yaitu enzim nitrogenase. *Azotobacter* memiliki struktur nitrogenase yang terdiri dari 3 kompleks protein, yaitu nitrogenase I (*Molybdenum nitrogenase*), nitrogenase II (*Vanidium nitrogenase*), dan nitrogenase III (*Ferrum nitrogenase*) (Tjahjadi,2007). Reaksi yang dikatalisasi oleh enzim nitrogenase digambarkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Reaksi Penambatan Nitrogen (Danapriatna, 2010)

Proses fiksasi N_2 dengan adanya enzim nitrogenase terjadi sebagai berikut: (1) energi ATP dan elektron feredoksin mereduksi protein Fe menjadi reduktan, (2) reduktan itu mereduksi protein MoFe yang kemudian mereduksi N_2 menjadi NH_3 dengan hasil sampingan berupa gas H_2 , dan (3) bersamaan dengan itu terjadi reduksi asetilen menjadi etilen yang dapat digunakan sebagai indikator proses fiksasi N_2 secara biologis (Danapriatna, 2010).

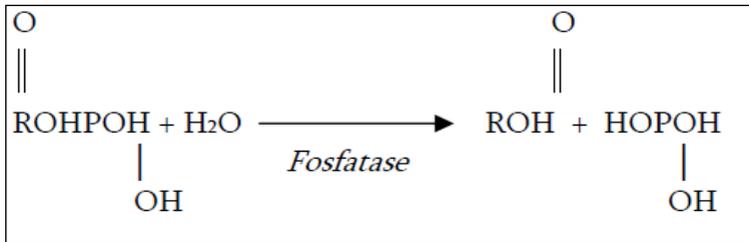
Terjadinya proses penambatan nitrogen dibutuhkan beberapa syarat yaitu: (1) adanya enzim nitrogenase, (2) ketersediaan sumber energi dalam bentuk ATP, (3) adanya sumber penurun

potensial dari electron, (4) adanya sistem perlindungan enzim nitrogenase dari inaktivasi oleh oksigen, dan (5) pemindahan yang cepat nitrogen hasil tambatan dari tempat penambatan nitrogen untuk mencegah terhambatnya enzim nitrogenase (Danapriatna, 2010).

2.3.4.2 Fosfat (P)

Unsur fosfat (P) adalah unsur esensial kedua setelah N yang berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar. Ketersediaan fosfat dalam tanah jarang yang melebihi 0,01% dari total P. Mekanisme pelarutan fosfat secara kimia dan biologis. Pelarutan fosfat secara biologis terjadi karena mikroorganisme tersebut menghasilkan enzim antara lain enzim fosfatase (Lynch, 1983 *dalam* Simanungkalit *et al.*, 2006). Fosfatase merupakan enzim yang akan dihasilkan apabila ketersediaan fosfat rendah. Fosfatase dieksekresikan oleh akar tanaman dan mikroorganisme, dan di dalam tanah yang lebih dominan adalah fosfatase yang dihasilkan oleh mikroorganisme (Joner *et al.*, 2000 *dalam* Simanungkalit *et al.*, 2006).

Pada proses mineralisasi bahan organik, senyawa fosfat organik diuraikan menjadi bentuk fosfat anorganik yang tersedia bagi tanaman dengan bantuan enzim fosfatase. Enzim fosfatase dapat memutuskan fosfat yang terikat oleh senyawa-senyawa organik menjadi bentuk yang tersedia. Salah satu mekanisme pelepasan P yang terikat pada besi fosfat terkait dengan hidrogen sulfida (H_2S) yang diproduksi oleh bakteri pelarut fosfat (Fitriatin *et al.*, 2008). Fosfatase adalah salah satu enzim hidrolisis. Reaksi pada hidrolisis P oleh fosfatase ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Reaksi Hidrolisis Fosfat (Fitriatin *et al.*, 2008).

Berdasarkan penelitian Islamiati dan Zulaika (2015), *Azotobacter* A1b, A3, A6, A9, A10 mampu melarutkan fosfat yang ditandai dengan terbentuknya zona bening pada medium pikovskaya. Terbentuknya zona bening akibat sekresi asam organik yang berikatan dengan ion Ca dari $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2$. Jumlah konsentrasi asam organik yang dikeluarkan akan mempengaruhi kuantitas pelarutan fosfat.

2.3.4.3 Kalium (K)

Kalium diserap oleh tanaman dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan dengan unsur hara lain selain nitrogen. Kalium diserap tanaman dalam bentuk K^+ dan kandungannya berkisar antara 0.5 sampai 6 % dari bobot kering tanaman (Havlin *et al.*, 2005 dalam Pratama 2016). Pertumbuhan tanaman memiliki korelasi dengan penambahan konsentrasi kalium pada daerah pertumbuhan. Bila tanaman kekurangan kalium, daerah pembesaran dan perpanjangan sel akan terhambat dan mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Rahmianna & Bel, 2001 dalam Pratama, 2016). Kalium secara langsung mempengaruhi produktivitas tanaman dengan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit. Mikroba memainkan peran kunci dalam siklus kalium alami. Beberapa spesies mikrob mampu menyediakan kalium dalam bentuk tersedia di dalam tanah. Mikroba menghasilkan asam-asam organik yang dapat membantu melepaskan kalium yang terikat pada mineral pembawa kalium (Pratama, 2016).

2.4 Biofertilizer Granul

Biofertilizer granul merupakan pupuk organik yang dibentuk seperti butiran-butiran yang bersifat keras dan kering. Granul yang baik adalah granul yang memiliki ukuran seragam, cukup keras, namun mudah larut apabila terkena air atau ditimbun tanah. Aspek yang harus diperhatikan dalam pembuatan granul adalah ukuran granul yang diharapkan, kekerasan granul, dan kemudahan granul untuk pecah atau larut (Isroi dan Yuliati, 2009). Menurut Wahyono *et al* (2011), pupuk kompos yang berbentuk pelet atau granul memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan pupuk curah, yaitu:

1. Memiliki kepadatan tertentu sehingga tidak mudah diterbangkan angin dan terbawa air.
2. Tidak menimbulkan debu sehingga pengaplikasian pupuk dapat dilakukan dekat pemukiman penduduk.
3. Overdosisnya tanaman terhadap pelepasan nutrisi yang mendadak (*fertilizer burn*) karena proses peluruhannya lebih lambat dibandingkan dengan pupuk curah (*slow release*). Kecepatan pelepasan bahan aktif dari partikel-partikel halus akan lebih besar dibandingkan bentuk granul.
4. Pengaplikasiannya lebih mudah dan lebih efektif.

Menurut Isroi (2008), granulasi merupakan suatu proses pembentukan partikel-partikel besar yang disebut granul dari suatu partikel serbuk yang memiliki daya ikat. Proses granulasi bertujuan:

1. Mencegah segregasi campuran serbuk.
2. Memperbaiki sifat alir serbuk atau campuran.
3. Meningkatkan densitas ruahan produk.
4. Memperbaiki kompresibilitas serbuk.
5. Mengontrol kecepatan pelepasan obat.
6. Memperbaiki penampilan produk.
7. Mengurangi debu.

Efektivitas dan hasil granulasi bergantung pada beberapa sifat, yaitu:

1. Besarnya ukuran partikel bahan aktif dan bahan tambahan.
2. Tipe bahan pengikat yang digunakan.
3. Jumlah bahan pengikat yang digunakan.
4. Efektivitas dan lamanya proses pengadukan, pada saat pencampuran bahan pengikat.
5. Kecepatan pengeringan.

Granulasi dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Granulasi basah (*wet granulation*). Metode granulasi basah dilakukan dengan cara membasahi massa dengan cairan pengikat sampai pada tingkat kebasahan tertentu lalu digranulasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses granulasi basah diantaranya jumlah bahan pengikat yang ditambahkan, waktu pencampuran bahan pengikat, dan lama pengeringan granul.
2. Granulasi kering (*dry granulation*). Metode granulasi kering dilakukan tanpa menggunakan bahan pengikat basah. Pembuatan granul dilakukan secara mekanis menggunakan alat mesin, dimana massa dikempa dengan tekanan besar menjadi *slug* (bongkahan kompak) atau dengan alat *roller compaction* dimana massa yang dikempa dengan tekanan besar menjadi lempengan-lempengan.

2.4.1 Kadar Air

Kadar air adalah jumlah kandungan air yang terdapat di dalam sampah dan kompos, dengan kadar air maksimal 50% (SNI 19-7030-2004). Kadar air untuk pelet atau granul yaitu 4-12% (Simanungkalit, *et al.*, 2006). Menurut Peraturan Menteri Pertanian (2011), standar mutu kadar air untuk pupuk organik padat dalam bentuk pelet atau granul yaitu 8%-20%. Kadar air yang sedikit akan membunuh mikroorganisme yang berada di dalam pupuk karena kelembaban sangat penting untuk menjaga kelangsungan hidup mikroorganisme. Sebaliknya, jika kadar air berlebih maka waktu penyimpanan akan singkat.

2.4.2. Waktu dispersi

Dispersi merupakan kondisi suatu zat tersebar merata (fase terdispersi) di dalam zat lain (fase pendispersi atau medium).

Pada sistem dispersi dimana suatu zat terbagi halus atau terdispersi dalam zat lain, koloid merupakan suatu sistem dispersi, karena terdiri dari dua fasa, yaitu fasa terdispersi (fasa yang tersebar halus) dan fasa pendispersi. Fase terdispersi umumnya memiliki jumlah yang lebih kecil atau mirip dengan zat terlarut dan fasa pendispersi jumlahnya lebih besar atau mirip pelarut dalam suatu larutan (Yazid, 2005). Jadi, waktu dispersi adalah waktu yang dibutuhkan suatu zat untuk terurai di zat pendispersi atau medium, seperti air.

2.5 Sifat Fisik Tanah

Dalam Usaha pertanian, kondisi tekstur tanah menjadi perhatian utama bagi petani. Karena dengan mengetahui tekstur tanah maka akan diketahui pula vegetasi apa yang cocok untuk dikembangkan, mengetahui cara pengolahannya seperti apa dan bagaimana. Karena tekstur tanah dapat mempengaruhi tanaman yang tumbuh di atas tanah. Pengaruhnya antara lain:

1. Resistensi, terhadap menembusnya akar-akar kedalam tanah.
2. Peresapan air

Dengan mengetahui tektur tanah maka akan mengetahui pula bagaimana cara pengolahannya dan hasil panen yang didapat akan memungkinkan mencapai hasil maksimal (Harahap *et al.*, 2012).

Tekstur tanah adalah proporsi relatif dari partikel pasir, debu, dan liat (jumlahnya 100%). Tekstur tanah menunjukkan perbandingan butir-butir pasir (2mm - 50 μ), debu (2 μ -50 μ), dan liat (< 2 μ) di dalam fraksi tanah halus yang ditunjukkan pada tabel 2.2 (Hardjowigeno, 2007). Proporsi tersebut dikelompokkan dalam kelas tekstur. Komponen tanah yang ideal adalah: Bahan padat (50%), bahan mineral (45%), bahan organik (5%), ruang antar bahan padat (50%), air (25%), dan udara (25%).

Menurut Hardjowigeno (2007), permeabilitas adalah kecepatan laju air dalam medium massa tanah. Sifat ini penting artinya dalam keperluan drainase dan tata air tanah. Tanah dengan struktur padat adalah tanah yang memiliki permeabilitas dan drainase yang sempurna, serta tidak mudah didispersikan oleh air

hujan. Permeabilitas tanah dapat menghilangkan daya air untuk mengerosi tanah, sedangkan drainase mempengaruhi baik buruknya peratukaran udara. Faktor tersebut selanjutnya akan mempengaruhi kegiatan mikroorganisme dan perakaran dalam tanah.

Tabel 2.2. Perbedaan tekstur tanah

Tekstur Tanah	Ukuran Tanah
Pasir (Sand)	2 mm – 50 mikron
Debu (Slit)	50 mm – 2 mikron
Liat (Clay)	< 2 mikron

2.6 Bahan Perekat

Salah satu faktor penting dalam pembuatan granul yaitu perekat. Perekat berfungsi untuk meningkatkan kekompakan bahan yang akan dibuat granul. Perekat juga berfungsi untuk merekatkan bahan dan juga memberikan sifat keras pada granul. Selain untuk menjaga agar granul tidak mudah hancur, kekerasan juga mempengaruhi pelepasan hara tanaman dari granul. Beberapa bahan yang bisa dan biasa digunakan sebagai perekat antara lain adalah a). bahan organik: molase dan tepung tapioka; b). bahan mineral: bentonit, kaoline, kalsium untuk semen, dan *gypsum*; c). tanah liat juga bisa digunakan sebagai perekat. Bahan perekat yang digunakan tidak boleh membahayakan tanaman, relatif murah, dan ketersediaannya banyak (Isroi, 2008).

Bahan perekat akan membantu mengikat serbuk menjadi granul-granul dan bahan perekat merupakan penentu terhadap keseragaman ukuran granul serta kekerasan. Kualitas granul juga dipengaruhi oleh banyak sedikitnya bahan perekat yang ditambahkan pada bahan. Apabila bahan perekat yang ditambahkan terlalu sedikit maka granul akan mudah hancur

(rapuh) dan mempercepat waktu hancur. Sebaliknya, apabila bahan perekat yang ditambahkan terlalu banyak maka granul akan menjadi keras dan memperlambat waktu hancur (Isroi, 2008).

Bahan perekat dapat dibedakan menjadi tiga berdasarkan asalnya, yaitu:

1. Berasal dari alam, contoh: akasia, tragakan, gelatin, amilum, gum guar, gum xanthan, gum tara, dan pektin.
2. Polimer sintetik/semisintetik, contoh: HPMC, PVP, PEG, dan CMC Na.
3. Golongan gula, contoh: sukrosa dan larutan glukosa.

2.6.1 Tepung Tapioka

Tapioka adalah pati yang diekstrak dari singkong. Ini berisi sekitar 95% dari pati dan dapat digunakan dalam makanan, tekstil, kimia dan industri farmasi. Produksi tapioka dari singkong menghasilkan solid sebagai baik limbah cair. Tapioka berpotensi sebagai sumber glukosa (Hermiati *et al.*, 2011). Komposisi karbohidrat pada tepung tapioka bisa dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Perbedaan kandungan karbohidrat tepung tapioka dan bubur singkong.

Komposisi	Tepung tapioka	Bubur Singkong
Pati	96,06	79,45
Amilosa	20,47	21,36
Serat kasar	0,13	4,84
Glukosa	93,72	94,04
Selulosa	6,28	2,07

Pati banyak diaplikasikan untuk kebutuhan pangan maupun nonpangan. Pati singkong ini antara lain digunakan untuk pada minuman dan confectionary, makanan yang diproses, kertas, makanan ternak, farmasi, dan bahan kimia serta industri nonpangan seperti tekstil, detergent, kemasan, dan sebagainya.

Kegunaan lainnya, pati dan turunannya dimanfaatkan sebagai bahan detergent yang bersifat nontoksik dan aman bagi kulit, pengikat, pelarut, biopestisida, pelumas, pewarna, dan flavor (Hermiati *et al.*, 2011). Menurut Hardika *et al* (2013) dalam Utari *et al* (2015), tepung tapioka mempunyai kemampuan untuk mengabsorpsi air yang menyebabkan melekatnya partikel satu dengan partikel yang lainnya pada bahan baku sehingga terbentuk granular. Jumlah granular akan semakin meningkat seiring dengan besarnya jumlah perekat yang memiliki kemampuan absorpsi. Granular yang dibuat dari tepung dapat memperbaiki penampilan produk dengan tingkat distribusi yang seragam dan granular yang minim.

2.6.2 Tanah Liat

Menurut Hanafiah (2007), liat merupakan salah satu fraksi tekstur tanah yang menyusun massa tanah. Tekstur adalah perbandingan relatif fraksi pasir, debu, dan liat dimana hal tersebut dapat menentukan tata air dalam tanah, berupa kecepatan infiltrasi, penetrasi, dan kemampuan mengikat air oleh tanah. Liat biasanya berwarna kelabu, putih atau merah, tergantung tipe dan proporsi mantel-besinya. Melalui indra kulit, bila ditetesi air tanah liat dapat diperkirakan teksturnya yaitu terasa halus, lengket, dan dapat dibuat gulungan.

Menurut Utari *et al* (2009), dari hasil pengujian bahan perekat pupuk granul, konsentrasi lem (tepung tapioka) 5% dan konsentrasi tanah liat 5% sangat baik untuk diaplikasikan dalam pembuatan pupuk granul. Fisik pupuk organik granul lebih bermutu dan dapat mencegah overdosisnya tanaman terhadap pelepasan nutrisi yang mendadak.

2.6.3 Gum Arabika

Gum arab dihasilkan dari getah bermacam-macam pohon *Acacia sp.* Gum arab pada dasarnya merupakan serangkaian satuan-satuan D-galaktosa, L-arabinosa, asam D-galakturonat dan L-ramnosa. Gum dimurnikan melalui proses pengendapan dengan menggunakan etanol dan diikuti proses elektrodialisis (Stephen

and Churms, 1995). Menurut Imeson (1999), gum arab stabil dalam larutan asam. pH alami gum dari *Acacia Senegal* ini berkisar 3,9-4,9 yang berasal dari residu asam glukoronik. Emulsifikasi dari gum arab berhubungan dengan kandungan nitrogennya (protein).

Menurut Alinkolis (1989), gum arab dapat digunakan untuk pengikatan flavor, bahan pengental, pembentuk lapisan tipis dan pemantap emulsi. Gum arab akan membentuk larutan yang tidak begitu kental dan tidak membentuk gel pada kepekatan yang biasa digunakan (paling tinggi 50%). Viskositas akan meningkat sebanding dengan peningkatan konsentrasi (Tranggono *et al*, 1991). Gum arab mempunyai gugus arabinogalactan protein (AGP) dan glikoprotein (GP) yang berperan sebagai pengemulsi dan pengental (Gaonkar,1995).

2.7 Nutrisi

Tanah merupakan medium dari tanaman secara normal memperoleh nutriennya. Kesuburan tanah akan sangat ditentukan oleh keberadaan unsur hara dalam tanah, baik unsur hara makro, unsur hara sekunder maupun unsur hara mikro. Unsur hara makro meliputi nitrogen (N), pospor (P), kalium (K), dan C, H, O (yang ambil dari udara dan air). Sedang unsur hara sekunder meliputi calcium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S). dan unsur hara mikro adalah: Besi (Fe), Mangan (Mn), Seng (Zn), Tembaga (Cu), Boran (B), Molibdenium (Mo) dan Chlor (Cl) (Sudarmi, 2015). Untuk lebih jelasnya disajikan pada tabel berikut:

Penggunaan kompos sebagai sumber nutrisi tanaman merupakan salah satu program bebas bahan kimia, walaupun kompos tergolong miskin unsur hara jika dibandingkan dengan pupuk kimia. Akan tetapi, pertumbuhan panjang dan diameter batang membutuhkan unsur hara N, P dan K (Santi, 2006). Nitrogen (N), fospat (P), dan kalium (K) atau disingkat NPK merupakan nutrien paling penting untuk tanaman (Castro *et al.*, 2015).

Menurut (SNI 19-7030-2004), NPK memiliki batas maksimum dan minimum ketersediannya untuk menentukan suatu kualitas kompos (tabel 2.4).

Tabel 2.4. Standar Kualitas Kompos

Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
Nitrogen (N)	%	0,40	-
Phospor (P ₂ O ₅)	%	0,20	-
Kalium (K)	%	0,10	-

2.7.1 Nitrogen (N)

Nitrogen merupakan unsur yang penting untuk seluruh proses dalam tumbuhan. Pengambilan N oleh tumbuhan telah dipelajari oleh Morot (1997), kekurangan N menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman baik secara alami maupun pada pertanian. Penggunaan pupuk N biasanya mempercepat pertumbuhan tanaman, dan penggunaan pupuk N sangat penting untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Ini menunjukkan bahwa pada hakikatnya lebih banyak N yang bersirkulasi melalui siklus N yang berhubungan dengan pertanian (Laegreid *et al.*, 1999).

Kandungan Nitrogen dalam kompos berasal dari bahan organik yang didegradasi oleh mikroorganisme, sehingga berlangsungnya proses degradasi (pengomposan) sangat mempengaruhi kandungan nitrogen dalam kompos (Yuli *et al.*, 2008).

Senyawa N yang terkandung dalam bahan organik berperan dalam sintesa asam amino dan protein secara optimal, selanjutnya digunakan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman, sedangkan tanaman yang mengalami kekurangan unsur hara N menyebabkan tanaman menjadi kerdil (Decoteau, 2000 *dalam* Safuan & Bahrin, 2012).

2.7.2 Fosfor (P)

Fosfat merupakan salah satu unsur makro esensial dan secara alami fosfat di dalam tanah berbentuk senyawa organik atau anorganik (Islamiati & Zulaika, 2015). Aktivitas mikroba tanah berpengaruh langsung terhadap ketersediaan fosfat di dalam tanah. Aktivitas mikroba tanah tersebut dapat melarutkan fosfat dari ikatan fosfat tidak larut melalui sekresi asam organik atau mineralisasi fosfat dari bentuk ikatan fosfat organik menjadi fosfat anorganik. Asam organik sangat berperan dalam pelarutan fosfat karena kaya akan gugus fungsional karboksil (-COO) dan hidroksil (-OH). Gugus fungsional tersebut membentuk senyawa kompleks dengan ion logam dan mineral yang biasanya terikat dengan fosfat, sehingga fosfat terlepas dan tersedia di dalam tanah. Fosfat anorganik terlarut dapat dimanfaatkan oleh tanaman dan mikroorganisme untuk metabolisme dan pembentukan sel-sel baru (Saraswati *et al.*, 2007).

Nilai P total mengikuti nilai N total, dimana jika nitrogen tersedia dalam jumlah yang cukup dalam bahan organik awal maka unsur hara lainnya termasuk P biasanya juga akan tersedia dalam jumlah cukup. Bahan organik segar biasanya terdapat dalam bentuk organik kompleks yang sulit dimanfaatkan langsung oleh tanaman untuk pertumbuhan, tetapi setelah proses pengomposan berlangsung aktivitas mikroorganisme akan mengubah fosfat yang terikat pada bahan organik menjadi bentuk fosfat terlarut (PO_4^{3-}) yang mudah diserap oleh tanaman (Syafrudin & Zaman, 2007).

2.7.3 Kalium (K)

Kalium digunakan oleh mikroorganisme dalam bahan substrat sebagai katalisator (Yuli *et al.*, 2008). Pada bahan organik segar nutrient K biasanya terdapat dalam organik kompleks yang sulit dimanfaatkan langsung oleh tanaman untuk pertumbuhan. Tetapi setelah proses pengomposan, aktivitas mikroorganisme akan mengubah nutrient K menjadi bentuk K_2O yang mudah diserap oleh tanaman (Syafrudin & Zaman, 2007).

Fungsi utama kalium (K) ialah membantu pembentukan protein dan karbohidrat. Kalium pun berperan dalam memperkuat tubuh tanaman agar daun, bunga, dan buah tidak mudah gugur. Kalium merupakan sumber energi bagi tanaman dalam menghadapi kekeringan dan penyakit. (Lingga & Marsono, 2004). Kalium meningkatkan kadar sclerenchyma pada batang, yang berfungsi memberi penebalan dan kekuatan pada jaringan batang sehingga tanaman lebih kuat. Kalium juga meningkatkan fotosintesis tanaman melalui peningkatan fosforilasi yang menghasilkan ATP dan NADPH yang berperan dalam proses fotosintesis dan metabolisme tanaman serta kalium dapat meningkatkan luas daun tanaman (Safuan & Bahrin, 2012).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada periode Desember 2016 - Mei 2017 di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi, Departemen Biologi, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

3.2. Metode Penelitian

3.2.1 Inokulan

3.2.1.1 Isolat

Isolat *Azotobacter* yang digunakan adalah isolat A1b, A3, A6, A9, dan A10 yang sudah menjadi koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Teknologi Jurusan Biologi ITS (Zulaika *et al.*, 2014).

3.2.1.2 Subkultur Isolat *Azotobacter*

Masing-masing isolat *Azotobacter* diinokulasikan secara aseptis pada medium *Nutrient Agar* (NA) miring dengan cara *streak continue* (Prescott, 2002). Kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. Keberhasilan subkultur ditandai dengan koloni yang tumbuh.

3.2.1.3 Starter sebagai Inokulan *Komposting*

Pembuatan starter bertujuan untuk adaptasi dan memperbanyak sel *Azotobacter* untuk media kompos. Masing-masing isolat *Azotobacter* diambil satu ose secara aseptis dari medium *Nutrient Agar* (NA) miring, dimasukkan kedalam 5ml *Nutrient Broth* (NB). Starter diinkubasi pada *rotary shaker* dengan kecepatan 100 rpm pada suhu ruang selama 10 jam. Keberhasilan subkultur ditandai dengan *Nutrient Broth* (NB) yang menjadi keruh. Kepadatan sel yang digunakan sebesar 10^8 - 10^9 sel/ml (Gomare *et al.*, 2013).

Pengukuran kepadatan sel dilakukan dengan memasukkan kultur pada bidang pengamatan *Haemocytometer*. Kemudian ditutup dengan gelas penutup dan dihitung kepadatan sel dibawah mikroskop. Masing-masing stater dihitung kepadatan selnya dengan menggunakan rumus perhitungan :

$$\Sigma \text{sel/ml} = \frac{\text{N x Pengenceran}}{1/400 \text{ mm}^2 \times 80 \times 0,1 \text{ mm}} \times \frac{1000 \text{ mm}^2}{1 \text{ ml}}$$

Keterangan:

- N = Jumlah sel yang dihitung
 Pengenceran = Pengenceran yang dilakukan
 1/400 = Luas kotak kecil
 80 = Σ kotak kecil
 1/10 = Tinggi *Haemocytometer*
 1000 mm²/ml = Bentuk konversi ke satuan ml

Pengukuran kepadatan sel untuk mengetahui jumlah sel *Azotobacter* pada awal perlakuan. Setelah mencapai kepadatan 10⁸-10⁹ sel/ml, masing-masing kultur dicampur pada tabung erlenmyer (5 ml x 5 = 25 ml) ditambahkan aquades 225 ml. Kemudian diinkubasi selama 10 jam pada *rotary shacker*.

3.2.2 Proses Pengomposan

Proses pengomposan merupakan proses degradasi biologis dan stabilisasi substrat organik pada kondisi suhu termofilik yang dihasilkan oleh aktifitas mikroorganisme (Singh & Nain, 2014). Proses penambahan mikroorganisme disebut bioaugmentasi, di mana mikroorganisme pengurai ditambahkan untuk melengkapi populasi mikroba yang telah ada (Sethi & Adhikary., 2012). Bioaugmentasi bakteri pemfiksasi N₂ nonsimbiotik *Azotobacter* adalah salah satu cara untuk meningkatkan ketersediaan N tanah di lahan pertanian berkelanjutan (Hindersah *et al.*, 2014).

3.2.2.1 Media Kompos

Media kompos yang digunakan adalah seresah daun di Kampus ITS Surabaya. Seresah daun dicuci dengan air, dikering anginkan kemudian dipotong ± 1 cm. Potongan seresah daun ditimbang 2500 gr, kemudian diseterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C tekanan 1,5 atm selama ± 15 menit (Rosidah & Zulaika, 2016).

3.2.2.2 Pencampuran Inokulan Kompos

Media kompos yang sudah siap ditambahkan inokulan *Azotobacter* sebanyak 250 ml (10% dari media kompos). Media disimpan dalam tong plastik yang tertutup kain goni, selanjutnya media kompos dapat digunakan (Rosidah & Zulaika, 2016).

3.2.2.3 Analisa Maturasi Kompos

Visualiasi maturasi kompos diamati berdasarkan indikator yang terlihat dari kualitas biologi (kepadatan sel), kualitas fisik yang meliputi bau, warna, tekstur, dan suhu (Isroi, 2008), serta kualitas nutrien yang meliputi nitrat tersedia (NO_3), fosfat terlarut (PO_4), dan kalium (K_2O), dengan waktu inkubasi 8 minggu saat kompos matang.

Pengamatan bau, warna, tekstur, dan suhu diamati setiap hari dan dilakukan pengadukan untuk aerasi jika diperlukan. Suhu kompos diukur setiap hari menggunakan termometer (Chen *et al.*, 2011). Pengukuran kepadatan sel konsentrasi nitrat, fosfat terlarut, dan kalium dilakukan pada minggu pertama dan minggu kedelapan. Kompos diasumsikan telah matang saat berbau tanah, warna kehitaman, tekstur remah, dan mengalami penurunan suhu (dingin) (SNI 19-7030-2004).

3.2.2.4 Viabilitas pada Kompos Curah

Kepadatan sel pada media kompos dihitung menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*). Kepadatan sel dihitung setelah kompos matang, atau disebut produk *biofertilizer*. Sebanyak 1 gr produk *biofertilizer* diencerkan pada 9

ml aquades steril, dan dihomogenkan. Kemudian diencerkan kembali 10^3 , lalu diambil $100\mu\text{l}$ untuk diinokulasikan ke dalam cawan Petri berisi media *Azotobacter Agar* kemudian diinkubasi selama 18-24 jam, dan dihitung *Colony Farming Unit*. Koloni yang dapat dihitung antara 30-300 (Saraswati *et al.*, 2007).

3.2.3 Kandungan NPK Biofertilizer Curah

3.2.3.1 Perhitungan Konsentrasi Nitrat Tersedia (NO_3)

Pembuatan larutan standar dan kurva standar

Larutan standar nitrat digunakan untuk membuat kurva standar nitrat. Larutan stock HNO_3 dibuat dengan cara menimbang sebanyak 1 mg HNO_3 kristal kemudian dilarutkan dengan akuades sampai dengan 100 ml sehingga didapatkan larutan stock dengan konsentrasi 10 ppm. Larutan stok 10 ppm diencerkan dengan akuades dibuat konsentrasi 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25 ; 1,5; 1,75; 2 ppm NO_3^- sampai volume masing-masing konsentrasi 5 ml.

Pembuatan kurva standar nitrat : sebanyak 1 ml larutan stok HNO_3 dari masing- masing konsentrasi dan blanko (akuades) dimasukkan kedalam tabung reaksi, selanjutnya ditambahkan 0,2 ml larutan NaCl 30% (w/v) dan 1 ml larutan H_2SO_4 dihomogenkan dan didinginkan. Kemudian, ditambahkan 50 μl larutan *Brucin Asam Sulfanilat*, dihomogenkan dan dipanaskan ditas penangas air pada suhu tidak lebih dari 90°C selama 20 menit, kemudian didinginkan. Larutan yang sudah dingin diambil ± 2 ml dimasukan kuvet dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm (Rosidah & Zulaika, 2016). Hasil pengukuran absorbansi larutan standar dibuat kurva yang menghubungkan antara nilai absorbansi dengan konsentrasi larutan standart nitrat. Sumbu X menyatakan konsentrasi nitrat dan sumbu Y menyatakan absorbansi, kemudian dibuat persamaan linier $y = ax + b$.

Perhitungan Konsentrasi Nitrat tersedia (NO_3)

Perhitungan konsentrasi nitrat tersedia dengan menggunakan metode *Brucin sulfat*. Menurut SNI 06-2480-1994 sebanyak 1 gram kompos dilarutkan dalam 9 ml aquades steril, dihomogenkan. Selanjutnya, diambil 1ml, ditambahkan 0,2 ml larutan NaCl 30% (w/v) dan 1ml larutan H₂SO₄ diaduk dan dibiarkan dingin. Kemudian ditambahkan 50 µl larutan *Brucin Asam Sulfanilat*, dihomogenkan, dipanaskan diatas penangas air pada suhu tidak lebih dari 50°C selama 20 menit, kemudian didinginkan. Larutan yang sudah dingin diambil ± 2 ml dimasukkan kuvet dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm (Rosidah & Zulaika, 2016). Hasil perhitungan dimasukkan ke dalam persamaan $y = ax + b$. Apabila ada pengenceran dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$N = C \times Fp$$

Keterangan :

N = Konsentrasi NO₃ (ppm)

C = Konsentrasi yang didapat dari hasil pengukuran (ppm)

Fp = Faktor pengenceran

(SNI 06-2480-1991).

3.2.3.2 Perhitungan Kandungan Fosfat Terlarut (PO₄³⁻)

Pereaksi Fosfat Pekat dan Pewarna Fosfat Pekat

Pereaksi fosfat dibuat dengan cara melarutkan 1,2 gram *Ammonium molibdat* [(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O] dalam 50 ml aquades pada labu ukur volume 100 ml kemudian ditambahkan 0,0277 gram *Kalium antimonil taritrat* K(SbO)C₄H₄O₆ · 0,5H₂O homogenkan, ditmbahkan aquades sampai volume menjadi 100 ml, dan dihomogenkan kembali.

Pembuatan pewarna fosfat pekat, dengan melarutkan 0,106 gram asam askorbat ke dalam 10 ml pereaksi fosfat pekat. Pereaksi warna fosfat peka harus dalam kondisi baru (Saraswati *et al.*, 2007).

Pembuatan Larutan standar Fosfat dan Kurva Standar

Larutan standar fosfat digunakan untuk membuat kurva standar fosfat. Larutan stok H_3PO_4 dibuat dengan cara menimbang sebanyak 10 mg H_3PO_4 kemudian dilarutkan dengan akuades sampai dengan 100 ml sehingga di dapatkan larutan stock dengan konsentrasi 100 ppm. Larutan stok 100 ppm diencerkan dengan akuades dibuat konsentrasi 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 ; 15; 17,5; 20; 22,5; dan 25 ppm PO_4^{3-} sampai volume masing-masing konsentrasi adalah 2 ml. Masing-masing larutan standar ditambahkan 0,2 ml pereaksi pewarna P pekat dan dihomogenkan, didiamkan 30 menit. Setiap konsentrasi larutan standar fosfat diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer pada panjang gelombang 690 nm. Hasil pengukuran absorbansi larutan standar dibuat kurva yang menghubungkan antara nilai absorbansi dengan konsentrasi larutan standart fosfat. Sumbu X menyatakan konsentrasi nitrat dan sumbu Y menyatakan absorbansi, kemudian dibuat persamaan linier $y = ax + b$.

Perlakuan untuk Pelarutan Fosfat

Kompos diambil sebanyak 1 gram dan dilarutkan pada 9 ml aquades, disaring dengan kertas whatman. Larutan diambil 1 ml dan dimasukkan kedalam tabung reaksi yang berisi 9 ml medium Pikovskaya cair. Medium diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang di rotary shaker dengan kecepatan 100 rpm (Saraswati *et al.*, 2007).

Perhitungan Konsentrasi Fosfat Terlarut

Lautan kompos di dalam medim *pikovskaya* diambil 10 ml, disentrifugasi dengan kecepatan 300 rpm selama 15 menit. Supernatan hasil sentrifugasi dipipet sebanyak 2ml dan dimasukkan ke dalam tabung reksi. Sebanyak 0,2 ml pereaksi pewarna fosfat pekat ditambahkan ke dalam supernatan dilihat dengan spektrofotometer panjang gelombang 690 nm (Rosidah & Zulaika, 2016). Perlakuan yang sama dilakukan pada kontrol. Kontrol didapat dari 2 ml akuades yang ditambahkan 0,2 ml pereaksi pewarna fosfat pekat (Saraswati *et al.*, 2007).

Konsentrasi fosfat terlarut dalam supernatan dihitung menggunakan persamaan yang telah didapat dari kurva standart fosfat yaitu:

$$y = ax + b$$

Keterangan:

y = Nilai absorbansi

a = Konstanta

b = Koefisien

x = Nilai Konsentrasi Fosfat

3.2.3.3 Perhitungan Kandungan Kalium

Pembuatan Larutan Supresor Kalium

Larutan supresor kalium dibuat dengan cara menimbang 1,25 gram CaCO_3 dalam gelas beker, ditetesi dengan akuades secara pelan-pelan dengan 10,5 ml HCl dididihkan dan didinginkan selanjutnya diencerkan dengan sampai dengan 100 ml (SNI-2803-2010)

Pembuatan Larutan Standar dan Kurva Standar

Larutan standar kalium digunakan untuk membuat kurva standar kalium. Larutan stock KCl dibuat dengan cara menimbang sebanyak 1 mg KCl kemudian dilarutkan dengan akuades sampai dengan 100 ml sehingga didapatkan larutan stock dengan konsentrasi 10 ppm. Larutan stok 10 ppm diencerkan dengan akuades dibuat konsentrasi 0; 0,5; 1; 2; 4; dan 8 ppm KCl sampai volume masing-masing konsentrasi 1 ml. Masing-masing larutan ditambahkan 0,5 ml HCl 1 N dan 5 ml akuades, dipanaskan sampai muncul asap putih dan didinginkan. Larutan diencerkan dengan aquades sampai mencapai volume 10 ml, disaring dengan kertas *Whatman*. Larutan dipipet sebanyak 5 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan 1 ml larutan supresor kalium, kemudian diambil 2 ml dimasukkan ke dalam kuvet, diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer pada panjang gelombang 766,5 nm (SNI-2803-

2010). Hasil pengukuran absorbansi larutan standar dibuat kurva yang menghubungkan antara nilai absorbansi dengan konsentrasi larutan standart fosfat. Sumbu X menyatakan konsentrasi nitrat dan sumbu Y menyatakan absorbansi, kemudian dibuat persamaan linier yaitu $y = ax + b$

Perhitungan Konsentrasi Kalium

Kompos ditimbang sebanyak 1 gram dan ditambahkan 0,5 ml HCl 1 N dan 5 ml aquades, dipanaskan selama 5 menit sampai timbul asap putih, kemudian didinginkan. Larutan diencerkan dengan aquades sampai mencapai volume 10 ml, disaring dengan kertas *Whatman*. Larutan dipipet sebanyak 5 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan 1 ml larutan supresor kalium, kemudian diambil 2 ml dimasukkan ke dalam kuvet, diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer pada panjang gelombang 766,5 nm (SNI-2803-2010). Hasil yang didapatkan dimasukkan ke dalam persamaan $y = ax + b$.

3.2.4 Proses Granulasi

Kompos curah yang akan dibuat granul diayak terlebih dahulu untuk mendapatkan partikel halus dan seragam. Bahan hasil ayakan dicampur bahan perekat yaitu tapioka, tanah liat, dan gum arabica sebanyak 5% (w/w). Semua bahan baku ditambahkan air sedikit demi sedikit sampai dapat digranulasikan. Proses granulasi menggunakan ayakan dengan diameter lubang 2-5 mm (Utari *et al.*, 2015).

Setelah proses granulasi selesai, dilakukan pengeringan dengan penjemuran langsung dibawah sinar matahari hingga kadar air (*water content*) granul mencapai 20%.

3.2.4.1 Kadar Air

Perhitungan kadar air merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kadar air dalam *biofertilizer* granul. Pengujian ini dilakukan dengan menimbang 5 gram pupuk granul yang akan diuji. Kemudian granul direndam dengan air sampai

seluruh permukaan tertutup selama 1 jam. Setelah itu granul dijemur selama 1, 2, dan 3 hari sampai didapatkan kadar air 20%. Setiap hari kadar air diukur menggunakan persamaan:

$$\text{Kadar Air} = \frac{m_b}{m_a} \times 100\%$$

Keterangan :

m_a = massa granul basah (g)

m_b = massa granul kering (g)

(Utari *et al.*, 2015)

3.2.4.2 Waktu dispersi

Waktu dispersi diuji dengan cara 5 gram *biofertilizer* granul dimasukkan kedalam gelas beker yang berisi 100 ml air. Selanjutnya diamati waktu terurainya granul dari t_0 sampai t_1 . Semakin lama granul hancur maka semakin baik (Utari *et al.*, 2015).

3.2.2.4 Viabilitas pada Biofertilizer granul

Kepadatan sel pada media kompos dihitung menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*). Kepadatan sel dihitung (bab 3.2.2.4) secara periodik pada masa penyimpanan bulan ke-1 dan ke-2.

3.2.5 Kandungan NPK pada Biofertilizer Granul

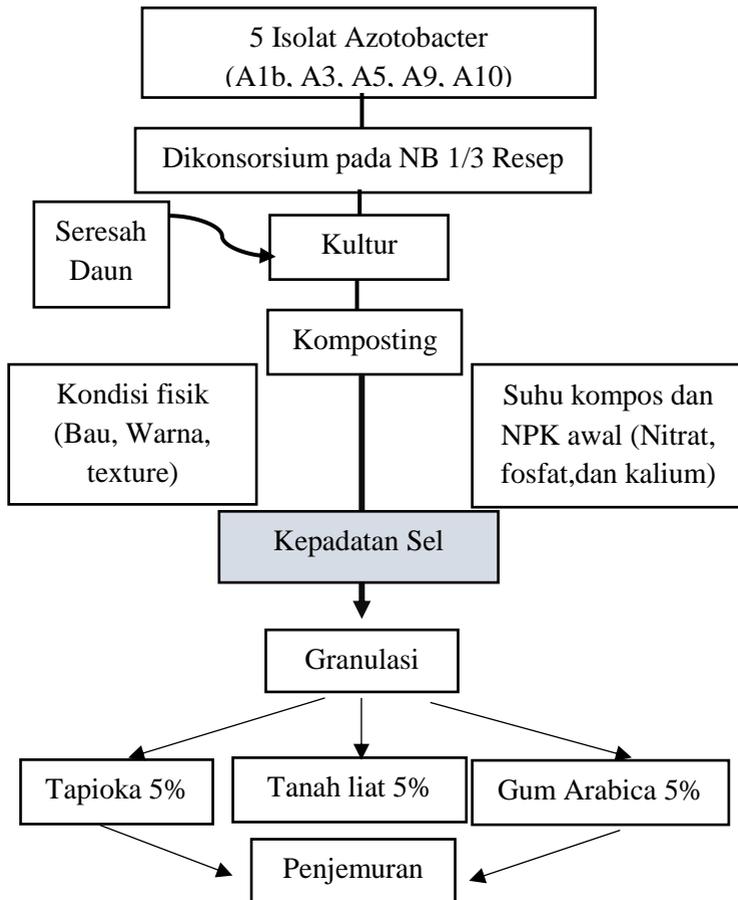
Kepadatan sel pada *biofertilizer* granul dihitung menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*). Kepadatan sel diukur setelah *biofertilizer* granul berusia 8 minggu. Sebanyak 1 gr *biofertilizer* granul diencerkan pada 9 ml aquades steril, dan dihomogenkan. Kemudian diencerkan kembali 10^2 , lalu diambil 100 μ l untuk diinokulasikan ke dalam media *Azotobacter Agar Cawan* dan dihitung *Colony Farming Unit* (CFU). Koloni yang dapat dihitung antara 30-300 unit (Saraswati *et al.*, 2007).

Nutrisi pada *Biofertilizer granul*

Perhitungan nutrisi meliputi nitrat tersedia, fosfat terlarut, dan kalium dihitung (bab 3.2.3) secara periodik pada minggu ke 4,8, dan 12.

3.3 Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Rancangan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1





Gambar 3.1 Rancangan Penelitian

Data yang dihasilkan diolah secara deskriptif kualitatif untuk mengetahui kematangan kompos dengan parameter fisik yang meliputi warna, bau, dan tekstur. Sedangkan untuk mengetahui kepadatan sel, suhu kompos, nitrat tersedia, fosfat terlarut, dan kalium tersedia secara deskriptif kuantitatif.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pengomposan

Proses pengomposan berlangsung selama 1 bulan dari setelah pencampuran inokulan. Pada awal pengomposan masih tampak potongan seresah daun yang mengumpal dan berwarna hijau kecoklatan, tekstur dari seresah daun mulai lembek, dan suhu mencapai 29 °C dari suhu ruang 28 °C. Pada minggu ke-1 suhu mencapai 38 °C, yang merupakan suhu tertinggi selama pengomposan. Menurut Isroi (2008), pada tahap awal proses pengomposan, oksigen dan senyawa-senyawa yang mudah terdegradasi akan dimanfaatkan mikroba mesofilik. Suhu tumpukan kompos akan meningkat dengan cepat. Reaksi antara senyawa kimia dengan oksigen akan menghasilkan karbondioksida dan air, serta menghasilkan energi panas. Akibatnya, tumpukan seresah daun mengalami kenaikan suhu (Srihati & Salim, 2010). Peningkatan suhu dapat terjadi berkisar antara 25-58 °C selanjutnya mengalami penurunan dan pendinginan (Ishi *et al.*, 2000).

Pada minggu ke-2 tanda-tanda pematangan kompos sudah terlihat ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi kehitaman, bau menyerupai tanah, dan tekstur lebih kecil, tetapi suhu masih 35 °C. Setelah terjadi peningkatan suhu, selanjutnya suhu menurun hingga sesuai suhu ruang pada minggu ke-4 (1 bulan) yaitu 28 °C. Berdasarkan Ishi *et al* (2000), terjadi 4 tahapan perubahan suhu pertama suhu dalam kondisi sedang (mesofilic), suhu mengalami peningkatan (termofilic), terjadi penyusutan suhu (cooling), dan yang terakhir yaitu pematangan (maturing). Ketika suhu sudah kembali seperti semula menandakan bahwa kompos sudah matang. Selain suhu, penampakan fisik juga menunjukkan kematangan seperti wana kompos menjadi kehitaman, tekstur dan bau menyerupai tanah, dan suhu menurun.

Pengaruh ukuran seresah daun juga mempengaruhi cepat tidaknya kompos matang. Pada penelitian Rosidah dan Zulaika

(2016), proses pengomposan berlangsung selama 2 bulan dengan ukuran seresah kurang lebih 1 mm. Sedangkan pada penelitian ini, ukuran seresah yang sangat halus mempengaruhi kecepatan laju dekomposisi.

4.1.1 Kualitas Kompos

Kompos yang sudah matang dapat diaplikasikan secara langsung. Namun karena kompos akan dibuat menjadi granul, maka perlu dilakukan uji kualitas kompos. Berdasarkan standart kualitas kompos SNI 19-7030-2004 dan peraturan Menteri pertanian NO 02/Pert/HK.060/2006, minimum mengetahui sifat-sifat fisik kompos. Pada penelitian ini, kualitas kompos yang diamati dari pengamatan parameter fisik meliputi warna, bau, suhu, dan tekstur (Tabel 4.1).

Tabel 4.1. Data kualitas kompos

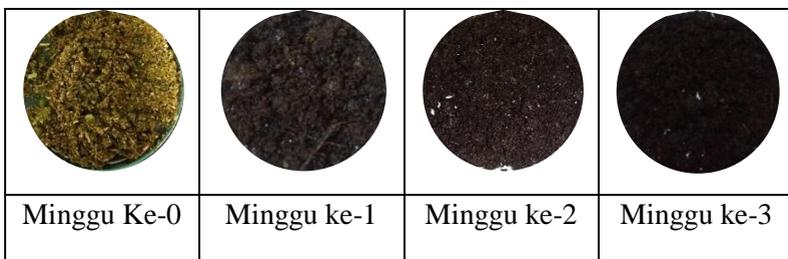
Parameter	Awal Pengomposan	Akhir Pengomposan
Suhu	29 °C	28 °C
Bau	Seresah daun	Aroma Tanah
Warna	Hijau Kecoklatan	Coklat Kehitaman
Tekstur	Kasar Berserat	Seperti tanah

Aktifitas mikroba yang memanfaatkan oksigen dalam proses dekomposisi akan menghasilkan panas sehingga penggunaan *Azotobacter* pada proses pengomposan menghasilkan kenaikan suhu dari 29°C sampai 37 °C. Sesuai dengan Srihati dan Salim (2010), adanya ketersediaan nutrisi yang melimpah, mikroba tumbuh dan berkembang biak secara cepat sehingga jumlahnya berlipat ganda. Akibatnya, reaksi penguraian juga berjalan cepat. Reaksi antara senyawa kimia dengan oksigen akan menghasilkan karbondioksida dan air, serta menghasilkan energi panas. Akibatnya, tumpukan seresah daun mengalami kenaikan suhu (proses dekomposisi) dan secara perlahan menurun sesuai suhu awal pengomposan. Hasil pengamatan parameter fisik (Tabel 4.5)

menunjukkan pada parameter suhu, suhu diawal pengomposan adalah 29 °C dan pada akhir pengomposan mengalami penurunan kembali menjadi 28 °C, yang menunjukkan bahwa kompos telah matang. Kompos yang sudah matang akan mengalami penurunan sesuai dengan suhu awal karena proses dekomposisi telah selesai. Menurut SNI 19-7030-2004, kompos yang sudah matang memiliki suhu sesuai dengan suhu air tanah (suhu yang ada didalam air tanah yang diserap oleh akar tumbuhan dalam suasana aerob) tidak lebih dari 30 °C.

Pada parameter bau, diawal pengomposan bau kompos masih bau daun sedangkan diakhir pengomposan aroma menyerupai tanah. Pada proses dekomposisi seresah daun akan terurai dan mengalami pembusukan, sehingga aroma daun yang telah membusuk akan menyerupai bau tanah. Menurut Isroi (2008), kompos yang sudah matang berbau seperti tanah dan harum. Proses tersebut dapat terjadi karena seresah daun mengalami penguraian secara biologis, khususnya oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi.

Perubahan warna kompos akibat proses dekomposisi berturut-turut menjadi coklat ke hijauan pada hari ke 4, coklat tua pada minggu ke-1 dan ke-2, dan akhirnya berubah menjadi warna coklat kehitaman pada minggu ke-3 (Gambar 4.1).



Gambar 4.1. Warna Kompos

Perubahan warna kompos disebabkan adanya penguapan oleh mikroba yang menghasilkan uap air dan CO₂ sehingga berbentuk remah serta zat hijau daun akan berkurang dan berubah

warna menjadi coklat kehitaman. Berdasarkan SNI 19-7030-2004, kompos yang telah matang diasumsikan saat berwarna kehitaman dan tekstur remah. Menurut Srihati dan Salim (2010), perubahan sifat fisik warna pada proses penguraian dari yang semula hijau kecoklatan berubah menjadi coklat kehitaman terjadi akibat adanya proses penguraian yang dilakukan oleh mikroba. Adanya aktivitas mikroba yang menghasilkan CO₂ dan air mengakibatkan bahan yang dikomposkan (seresah daun) kehilangan zat hijau daun (klorofil) sehingga berubah warna menjadi coklat kehitaman pada akhir proses pengomposan. Selain itu, akibat adanya aktivitas mikroorganisme juga mempengaruhi tekstur dari seresah daun yang mengalami dekomposisi menjadi remah seperti tanah (Masniawati *et al.*, 2013).

4.1.2 Viabilitas *Azotobacter* setelah Pengomposan

Viabilitas kompos dapat dilihat dari adanya pertumbuhan koloni pada medium cawan *Azotobacter Agar* (AA). Dengan metode TPC, data jumlah koloni setelah pengomposan, didapatkan hasil perhitungan koloni sebesar 3×10^5 yang dapat dikatakan baik. Berdasarkan Saraswati *et al* (2007), pertumbuhan koloni dikatakan baik apabila koloni yang dapat dihitung antara 30-300.

4.2 Proses Granulasi

Proses granulasi dilakukan secara manual, setelah pencampuran bahan perekat granul di ayak menggunakan ayakan berdiameter 2-5 mm. *Biofertilizer* curah akan berbentuk granul (Gambar 4.2). Selanjutnya dilakukan penjemuran untuk proses penyimpanan.

Bahan Perekat	Penjemuran	
	Sebelum	Sesudah
Tepung Tapioka		
Tanah Liat		
Gum Arabika		

Gambar 4.2. *Biofertilizer* bentuk granul

Berdasarkan ukuran granul yang memiliki ukuran relatif sama pada masing-masing bahan perekat *biofertilizer* granul, hal tersebut disebabkan berat dan kadar air yang tersimpan pada bahan perekat sehingga mampu mengikat *biofertilizer* curah lebih. Semakin banyak air yang disemprotkan ke bahan pada saat

granulasi akan mempengaruhi ukuran granul. Berdasarkan literatur perubahan bentuk *biofertilizer* curah menjadi *biofertilizer* granul dipengaruhi oleh bahan perekat, suplai air yang diberikan, berat, dan kadar air dari bahan yang digunakan (Heim *et al.*, (2004) dalam Utari *et al.*, (2015).

4.2.1 Viabilitas *Azotobacter* setelah Penyimpanan

Viabilitas kompos dapat dilihat dari adanya pertumbuhan koloni pada medium cawan *Azotobacter Agar* (AA). Dengan metode TPC, data jumlah koloni setelah penyimpanan (Tabel 4.2).

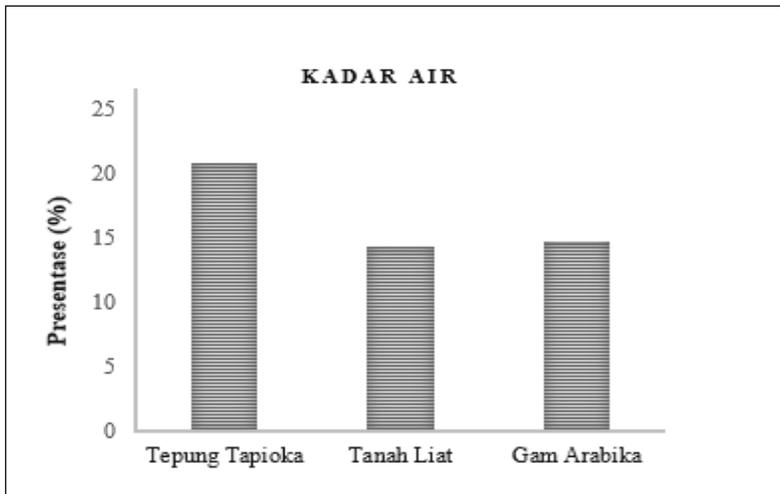
Tabel 4.2. Data viabilitas *Azotobacter* setelah pengomposan

Perekat Granul kompos	Jumlah Koloni (CFU) Bulan Ke-	
	1	2
Tepung Tapioka	$2,56 \times 10^5$	$2,37 \times 10^5$
Tanah Liat	$2,38 \times 10^5$	$2,10 \times 10^5$
Gum Arabika	$2,90 \times 10^5$	$2,17 \times 10^5$

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan hasil perhitungan koloni pada *biofertilizer* granul pada bulan ke-1 dengan viabilitas koloni sebesar $2,90 \times 10^5$ pada gum arabika dan terendah pada tanah liat sebesar $2,38 \times 10^5$ koloni, dan pada bulan ke-2 tepung tapioka memiliki viabilitas tertinggi $2,37 \times 10^5$. Hasil tersebut dapat dikatakan baik. Berdasarkan Saraswati *et al* (2007), pertumbuhan koloni dikatakan baik apabila koloni yang dapat dihitung antara 30-300. Adanya penurunan jumlah koloni, dapat disebabkan akibat kandungan nutrisi pada *biofertilizer* granul yang menurun dan kadar air yang rendah akibat penjemuran sehingga *Azotobacter* yang terkandung mati atau membentuk kista.

4.2.2 Kadar Air

Kadar air pada *biofertilizer* sangat berpengaruh, kadar air yang sedikit akan membunuh mikroorganisme yang berada di dalam *biofertilizer*, kelembapan sangat penting untuk menjaga kelangsungan hidup mikroorganisme. Sebaliknya, jika kadar air berlebih maka waktu penyimpanan akan singkat. Oleh sebab itu, dilakukan proses penjemuran *biofertilizer* granul dibawah sinar matahari sampai didapatkan berat kering yang stabil (selama 4 jam) untuk mengetahui persentase kadar air (Gambar 4.3)



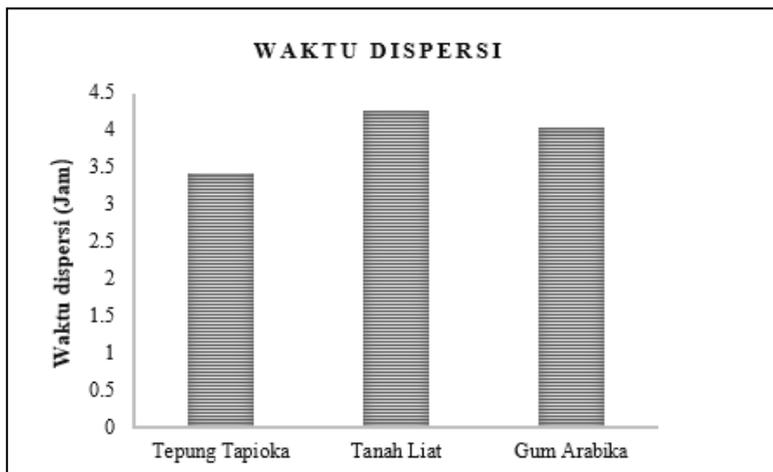
Perekat	Berat Awal	Berat Akhir	%
Tepung Tapioka	2,134 gr	0,444 gr	20,8
Tanah Liat	2,084 gr	0,298 gr	14,3
Gum Arabika	2,279 gr	0,333 gr	14,6

Gambar 4.3. Persentase Kadar Air

Berdasarkan grafik diatas, kadar air terbanyak pada tepung tapioka disebabkan tekstur yang padat dan mengandung amilosa sehingga proses penguapan menjadi lambat. Sesuai dengan literatur, tepung tapioka memiliki kandungan amilosa yang tinggi sehingga mampu meresap air lebih banyak. Daya ikat amilosa terhadap air yang kuat mampu mempertahankan air agar tidak cepat menguap (Utari *et al.*, 2015, Isroi, 2008). Oleh sebab itu, persentase kadar air pada tapioka lebih tinggi dibandingkan gum arabika dan tanah liat. Tanah liat yang memiliki kadar air paling rendah disebabkan pengaruh pori-pori permukaan yang sangat luas sehingga lebih cepat mengalami penguapan (Isroi, 2008).

4.2.3 Waktu Dispersi

Bahan perekat akan membantu mengikat serbuk menjadi granul dan akan menentukan keseragaman ukuran dan tingkat kekerasan pada *biofertilizer* granul. Selain itu, jenis perekat mempengaruhi perbedaan waktu dispersi dari *biofertilizer* granul (Gambar 4.4).



Gambar 4.4. Waktu dispersi biofertilizer granul.

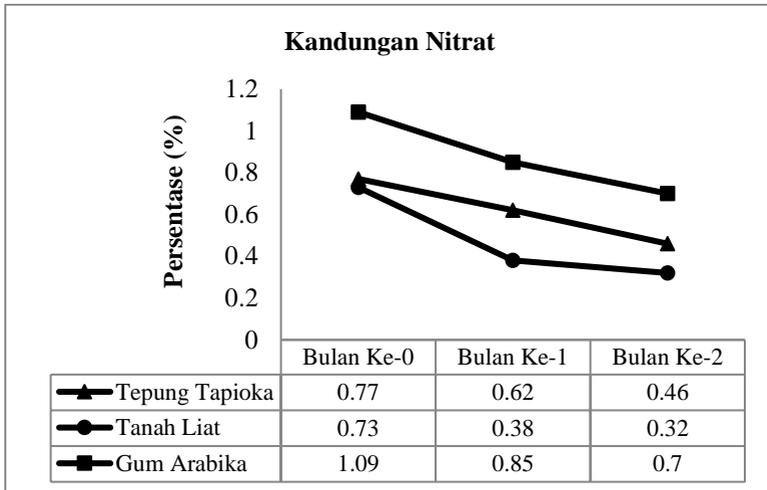
Kualitas granul dipengaruhi oleh daya ikat bahan perekat yang ditambahkan. Apabila bahan perekat yang digunakan memiliki daya ikat yang lemah maka *biofertilizer* granul akan cepat hancur. Sebaliknya, apabila bahan perekat yang memiliki daya ikat yang kuat maka *biofertilizer* granul akan menjadi keras dan memperlambat waktu hancur. Hasil menunjukkan bahwa tanah liat mengalami rata-rata waktu hancur lebih lama dibandingkan tepung tapioka dan gam arabika. Hal ini dapat disebabkan tanah liat memiliki permeabilitas (tingkat kesarangan tanah untuk dilalui aliran massa air) atau perkolasi (kecepatan aliran air untuk melewati massa tanah) yang lambat sehingga bahan amelorian (penyubur tanah, seperti kapur dan pupuk organik) yang diberikan tidak akan cepat hilang (Hanafiah, 2007).

Biofertilizer granul dengan bahan perekat tepung tapioka mengalami waktu hancur tercepat yaitu 3,4 jam. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Merdiana (2011) dalam Utari *et al* (2015), sifat pati dengan kandungan amilosa yang tinggi akan mempunyai sifat kering dan cenderung meresap air lebih banyak (higroskopis) sehingga granul akan lebih cepat hancur dan senyawa organik dari zat yang mengandung amilum akan lebih mudah terdekomposisi.

4.3 Uji Kandungan Nutrisi

4.3.1 Uji Konsentrasi Nitrat

Nitrogen merupakan unsur yang penting untuk seluruh proses dalam tumbuhan. *Azotobacter* yang memiliki potensi sebagai pengikat nitrat di udara, dimanfaatkan sebagai agen pengomposan pada *biofertilizer* granul. Kandungan nitrat dapat diketahui dengan melakukan uji konsentrasi nitrat. Dalam proses penyimpanan, dilakukan 3 kali pengambilan data pada bulan ke-0 sampai ke-2 dalam masa simpan (Gambar 4.5) untuk mengetahui persentase kandungan nitrat yang tersedia.



Gambar 4.5. Kandungan Nitrat

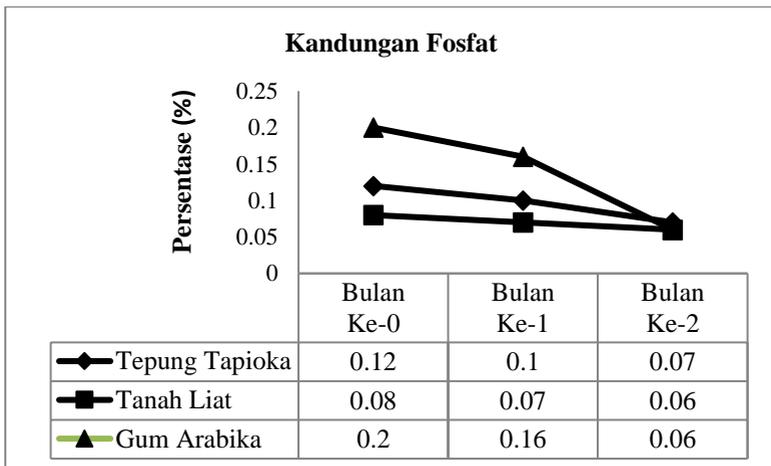
Kandungan nitrat tertinggi diduduki gum arabika. Pada tepung tapioka dan gum arabika pada masa simpan sampai 2 bulan diatas 0,6 kecuali tanah liat pada penyimpanan bulan ke 1 dan ke dua mengalami penurunan, memenuhi standar kualitas kompos menurut SNI, dimana kadar yang dipersyaratkan minimal 0,40 %. Pada tepung tapioka dan gum arabika mengandung amilum yang berfungsi sebagai sumber energi bagi *Azotobacter* untuk mengikat nitrat. Hal tersebut berbanding lurus dengan viabilitas *Azotobacter* (Tabel 4.2), dimana gum arabika memiliki viabilitas tertinggi. Kandungan nitrat sangat dibutuhkan mikroorganisme untuk pemeliharaan, pembelahan, dan pembentukan sel tubuh. Makin banyak kandungan nitrat, makin cepat bahan organik terurai, karena mikroorganisme yang menguraikan bahan kompos memerlukan nitrogen untuk perkembangannya (Sriharti & Salim, 2010).

Kandungan Nitrogen dalam kompos berasal dari bahan organik yang didegradasi oleh mikroorganisme, sehingga berlangsungnya proses degradasi (pengomposan) sangat mempengaruhi kandungan nitrogen dalam kompos (Yuli *et al.*, 2008). Bakteri *Azotobacter* mampu menambat kurang lebih 20

mg nitrogen/g gula. Enzim yang bekerja dalam menambat N yaitu enzim nitrogenase. *Azotobacter* memiliki struktur nitrogenase yang terdiri dari 3 kompleks protein, yaitu nitrogenase I (*Molybdenum nitrogenase*), nitrogenase II (*Vanadium nitrogenase*), dan nitrogenase III (*Ferrum nitrogenase*) (Tjahjadi, 2007). Terjadinya penurunan kandungan nitrat berbanding lurus dengan penurunan jumlah koloni. *Azotobacter* setelah berumur 7 hari atau pada kondisi mencekam akan membentuk kista sebagai pertahanan diri (Duhaini & Zulaika, 2015).

4.3.2 Uji Konsentrasi Fosfat

Unsur fosfat (P) adalah unsur esensial kedua setelah N yang berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar. Ketersediaan fosfat dalam tanah jarang yang melebihi 0,01% dari total P (Lynch, 1983 dalam Simanungkalit *et al.*, 2006). Kandungan fosfat pada *biofertilizer* granul dapat diketahui dengan adanya uji konsentrasi fosfat dilakukan 3 kali pengambilan data pada bulan ke-0 samapai ke-2 dalam masa simpan (Gambar 4.6) untuk mengetahui persentase fosfat dalam masa penyimpanan.

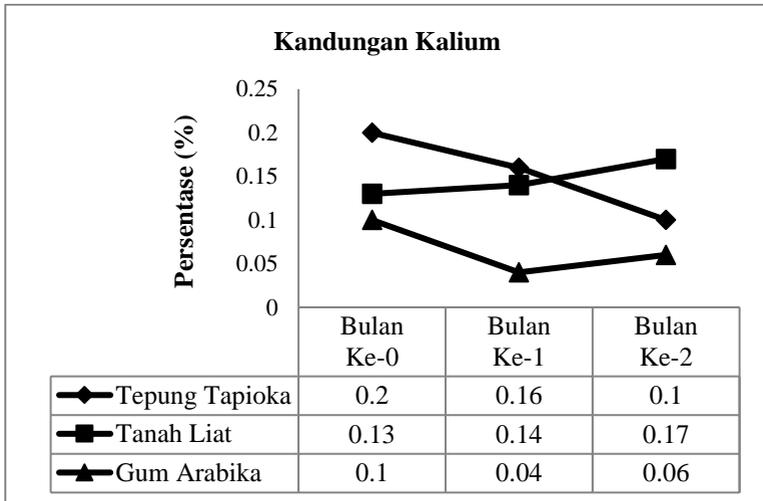


Gambar 4.6. Kandungan Fosfat

Kandungan fosfat pada tepung tapioka dan gum arabika pada masa simpan sampai 1 bulan diatas 0,1, memenuhi standar kualitas kompos menurut SNI, dimana kadar yang dipersyaratkan minimal 0,10 %. Hal ini disebabkan karena tepung tapioka dan gum arabika yang mengandung glukosa sebagai sumber energi. Glukosa dimanfaatkan untuk aktivitas mikroba membelah dan pengikatan fosfat (Isroi, 2008). Pada tanah liat tidak memenuhi standart dikarenakan struktur pori-pori yang padat menyebabkan proses pengikatan fosfat berlangsung lambat. Lamanya masa penyimpanan juga menyebabkan penurunan kandungan fosfat. Hal tersebut berbanding lurus dengan viabilitas *Azotobacter*. *Azotobacter* setelah berumur 7 hari atau pada kondisi mencekam akan membentuk kista sebagai pertahanan diri (Duhaini & Zulaika, 2015). *Azotobacter* mengalami penurunan juga disebabkan kadar air yang rendah akibat penjemuran sehingga *Azotobacter* mengalami kematian. *Biofertilizer* granul setelah masa penyimpanan dapat diaplikasikan ke lahan karena viabilitas *Azotobacter* masih memenuhi standart. Nutrisi yang cukup akan mempengaruhi viabilitas *Azotobacter* untuk membelah dan mengikat fosfat yang terlarut dalam tanah.

4.3.3 Uji Konsentrasi Kalium

Pertumbuhan tanaman memiliki korelasi dengan penambahan konsentrasi kalium pada daerah pertumbuhan. Bila tanaman kekurangan kalium, daerah pembesaran dan perpanjangan sel akan terhambat dan mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Rahmianna & Bel, 2001 *dalam* Pratama, 2016). Pada *Biofertilizer* granul diuji kandungan kalium dengan uji konsentrasi Kalium dilakukan 3 kali pengambilan data pada bulan ke-0 samapai ke-2 dalam masa simpan (Gambar 4.7).



Gambar 4.7. Kandungan Kalium

Kandungan kalium pada tepung tapioka dan gum arabika pada masa simpan sampai 1 bulan sebesar 0,2 dan 0,21, memenuhi standar kualitas kompos menurut SNI, dimana kadar yang dipersyaratkan minimal 0,20 %. Kandungan kalium dalam masa penyimpanan mengalami penurunan. Selain diakibatkan faktor nutrisi dan kadar air yang menipis, juga dipengaruhi siklus pengikatan kalium oleh *Azotobacter*. Mikroba memainkan peran kunci dalam siklus kalium alami. Beberapa spesies mikroba mampu menyediakan kalium dalam bentuk tersedia di dalam tanah. Mikroba menghasilkan asam-asam organik yang dapat membantu melepaskan kalium yang terikat pada mineral pembawa kalium (Pratama, 2016). *Azotobacter* yang masih terkandung dalam *biofertilizer* granul hanya mengikat kalium yang terkandung dalam *biofertilizer* saja sehingga kandungan kalium menurun. *Biofertilizer* granul setelah masa penyimpanan dapat diaplikasikan ke lahan karena viabilitas *Azotobacter* masih memenuhi standart. Nutrisi yang cukup akan mempengaruhi viabilitas *Azotobacter* dan peningkatan kalium, *Azotobacter* mengikat kalium yang terlarut dalam tanah

4.4 Kefektifan Bahan Perekat

Beberapa perlakuan uji yang dilakukan pada bahan perekat didapatkan hasil pada tabel 4.3 yang menentukan keefitfan bahan perekat.

Tabel 4.3. Perbandingan Hasil Uji pada Bahan Perekat

Bahan Perekat		Tepung Tapioka	Tanah Liat	Gum Arabika
Fisik	Ukuran (2-3 mm)	+	+	+
	Kadar Air	++	+	+
	Waktu Dispersi	++	+	+
Viabilitas	Bulan ke-0	++	++	++
	Bulan ke-1	++	+	+
	Bulan ke-2	++	++	++
Nutrisi	N	++	+	++
	P	+	+	+
	K	++	++	+

Keterangan: (+) memenuhi standart

(++) sangat memenuhi standart

Berdasarkan tabel diatas tepung tapioka memiliki kefektifan sebagian bahan perekat disebabkan kandungan amilum yang didegradasi oleh enzim amilase yang dihasilkan oleh *Azotobacter* sehingga dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk kemampuan viabilitas dan pengikatan nutrisi NPK. Isolat *Azotobacter* A1b, A3, A6, A9, dan A10 memiliki enzim amilase (Firdausi & Zulaika, 2015). Menurut Nangin & Sutrisno (2015), enzim amilase dimiliki oleh genus *Azotobacter* untuk mengatalis amilum menjadi gugus sederhana seperti glukosa ataupun maltosa sehingga mudah dimanfaatkan mikroorganisme.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bahwa:

1. *Biofertilizer* berbentuk granul dengan konsorsium *Azotobacter* pada ketiga bahan perekat mempunyai viabilitas yang hampir sama.
2. *Biofertilizer* berbentuk granul dengan bahan perekat tepung tapioka lebih efektif digunakan, dapat mempertahankan nutrisi (NPK) pada penyimpanan 2 bulan, harga ekonomis, dan proses dispersi cepat dibandingkan gum arab dan tanah liat.
3. Kandungan Nitrat, Fosfat, dan Kalium pada *biofertilizer* berbentuk granul dengan bahan perekat tepung tapioka setelah penyimpanan 2 bulan mempunyai nutrisi (NPK) lebih tinggi dibandingkan gum arab dan tanah liat.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diajukan saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Pengaplikasian *biofertilizer* granul pada tanaman pertanian untuk mengetahui efektifitas pengikatan nutrisi terhadap pertumbuhan.
2. Uji viabilitas pertumbuhan *Azotobacter* setelah *biofertilizer* granul diaplikasikan pada tanaman pertanian.
3. Uji kandungan NPK setelah *biofertilizer* granul diaplikasikan pada tanaman pertanian.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Adiwiganda. 2006. **Jenis-jenis Pupuk MG**. Medan: PPKS Marihat.

Ahmad, F., Ahmad, I., and Khan, M.S. 2006. **Indole Acetic Acid Production by The Indigenous Isolates of Azotobacter and Flourescent Pseudomonas in the Presence and Absence of Trytopan India**. Departement of Agricultural Microbiology, Faculty of Agricultural science, Aligarh Muslim University. Vol.29 : 29-34.

Alinkolis, J. J. 1989. **Candy Technology : Gum Arbica**. The AVI Publishing Co. Westport-Connecticut

Aprianis, Y. 2011. Produksi dan Laju Dekomposisi Seresah *Acaacia crassicarpa*. **Jurnal Tekno Hutan Tanaman**. Vol 4, No. 1 : 41- 47.

Castro, R.C., Benites, V.M., Teixeira, P.C., Anjos, M., and Oliveira, P.C. 2015. Phosphorus Migration Analysis Using sxnchrotron Radiation in Soil Treated with Brazilian Granular Fertilizer. **Applied Radiation an Isotops**, 105: 233-237.

Chen, L., Martii, M., Moore, A., and Falen, C. 2011. **The Composting Process**. University of Idaho Extantion.

Danapriatna, N. 2010. Biokimia Penambatan Nitrogen oleh Bakteri Nonsimbiotik. **Jurnal Agribisnis dan penembangan wilayah**, Vol 1, No 2.

Faverial, J., Boval., M., Sierra, J., and Sauval, D. 2016. End-product of Compost Produced Under Tropical and Temperature Climates Using Different Raw Materials: A- Meta Analysis. **Journal of Environtmental Management**, 183 : 909-916.

Firdausi, W dan Zulaika, E. 2015. Potensi *Azotobacter* spp. Sebagai Pendegradasi Karbohidrat. **Jurnal Sains dan Seni ITS**. Vol. 4 No. 2.

Fitriatin, B.N., Hindersah, R., dan Suryatama, P. Aktivitas Enzim Fosfatase dan Ketersediaan Fosfat Tanah pada Sistem Tumpangsari Tanaman Pangan dan Jati setelah Aplikasi Pupuk Hayati. **Jurnal Agrikultura**, Vol 19, No 3.

Gaonkar, A. G. 1995. **Ingredient Interactions Effects on Food Quality**. New York : Marcell Dekker Inc.

Garrity, G.M., Bell, J.A., and Lilburn, T.G. 2004. **Taxonomic Outline of The Prokaryotes Bergey's Manual of Sistematic Bacteriology Sevond Edition**. New York Berlin Heidelberg Stringer. New York.

Gomare, K.S., Mese, M., and Shetkar, Y. 2013. Isolation of *Azotobacter* and Cost Effective Production of *Biofertilizer*. **Indian Journal of Applied Research**. Volume 3. Issue 5.

Gharib, F.A., Moussa, L.A., and Massaoud, O.N. 2008. Effect of Compost and *Biofertilizers* on Growth, Yield and Essential Oil of Sweet Marjoram (*Majorana hortensis*) **Plant. Internasional Journal of Agriculture & Biology**, 10: 381-387.

Hanafiah, K., A. 2007. **Dasar-Dasar Ilmu Tanah**. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada.

Hanum, A.M dan Kuswytasari, N. D. 2014. Laju Dekomposisi Seresah Daun Trembesi (*Samanea saman*) dengan Penambahan Inokulum Kapang. **Jurnal Sains dan Seni POMITS** Vol 3 No. 1 :2337-3520.

Harahap, E., Aziza, N., dan Affandi, A. 2014. Menentukan Tekstur Tanah dengan Metode Perasaan di Lahan Politani. **Jurnal Nasional Ecopedon**, Vol 2, No 2.

Hardjowigeno. 2007. **Ilmu Tanah**. Jakarta: Penerbit Pustaka Utama.

Hermawan, S and Jendrossek. 2006. **Microscopical Investigation of Poly (3-Hydroxybutyrate) Granule Formation in *Azotobacter vinelandii***. Germany: Universitas Stuttgart.

Hermiati, E., Azuma, J.I., Mangunwidjaja, D., Sunarti, T.C., and Prasetya, B. 2011. Hydrolysis of Carbohydrates in Cassava Pulp and Tapioca Flour Under Microwave Irradiation. **Ind Journal Chemistry**, Vol 11 No 3 : 238- 245.

Hindersah, R., Sulaksana D.A., dan Herdiyantoro, D. 2014. Perubahan Kadar N Tersedia dan Populasi *Azotobacter* di Rizosfer Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) yang Ditanam di Dua Ordo Tanah dengan Inokulasi *Azotobacter* sp. **Jurnal Agrologia**. Vol. 3 No.1.

Imeson, A. 1999. **Thickening and Gelling Agent for Food**. Maryland: Aspen Publisher, Inc. Gaithersburg.

Islamiati, A., dan Zulaika, E. 2015. Potensi *Azotobacter* sebagai Pelarut fosfat. **Jurnal Sains dan Seni ITS**. Vol. 2 No. 1.

Isroi. 2008. **Kompos**. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia. Bogor.

Isroi dan Yuliarti, N. 2009. **Kompos**. Yogyakarta: C.V Andi Offset.

Kholida, F.T., dan Zulaika, E. 2015. Potensi *Azotobacter* sebagai Penghasil Hormon Pertumbuhan Auksin. **Jurnal Sains dan Seni ITS**. Vol. 4 No. 2.

Laegreid M, Bockman OC, dan O Karstaad. 1999. **Agriculture Fertilizers and the Environment**. CABL Publishing in Association with Norsk Hydro ASA.

Lingga. 2004. **Petunjuk Pemberian Pupuk**. Jakarta: Redaksi Agrimedia.

Masniawati., Musdahlifah., dan Fahrudin. 2013. Pertumbuhan Populasi Bakteri pada Dekomposisi Daun Ki Hujan *Samanea saman Merr.* **Jurnal Hutan dan Masyarakat**. Vol 8 No 2.

Madigan, M.T., Martinko, J.M., Stahl, D.A., and D.P. Clark. 2012. **Brock Biology of Microorganism Thirteen Edition**. San Fransisco: Pearson Education

Muraleedharan, H., Seshadri, S., and Parumal, K. 2010. **Biofertilizer (Phosphobacteria)**. Shri AMM Murungappa Chettiar Research Center. Chennai.

Nangin, Debora dan Sutrisno, Aji. 2015. Enzim Amilase Pemecah Pati Mentah dari Mikobra. **Jurnal Pangan dan Agroindustri**. Vol 3 No 3.

Page, W.J and Shivprasad, S. 1991. *Azotobacter salinestris* sp. A Sodium-Dependent Microaphilic, and Aeroadaptic Nitrogen-Fixing Bacterium. **Internasional Journal of Systematic Bacteriology**, Vol. 41 No. 3 : 369-376.

Pamungkas, A., dan Zulaika, E. 2015. *Azotobacter* sebagai Bakteri Siderofor dan Bioremoval Logam Besi (Fe). **Jurnal Sains dan Seni ITS**. Vol. 4 No.1.

Pratama, D. 2016. Mikrob Pelarut Kalium dari Tiga Lokasi Lahan dan Kemampuannya dalam Meningkatkan Ketersediaan Kalium. **Tesis**. Bandung : IPB.

Prescott, H. 2002. **Laboratory Exercise in Microbiology Fifth Edition**. USA: The McGraw-Hill Companies.

Rosidah, K dan Zulaika, E. 2016. Potensi *Azotobacter* sebagai Agen Komposting. **Skripsi**. Institut Teknologi Sepuluh November.

Safuan, L.O. 2012. Pengaruh Bahan Organik dan Pupuk Kalium terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Melon. **Jurnal Agroteknos**, Vol. 2 No.2 :69-76.

Santi, T.K. 2006. Pengaruh Pemberian Pupuk Kompos terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat. **Jurnal Ilmiah PROGRESSIF**, Vol. 3 No.2.

Saraswati, R., Husen, E., dan Simanungkalit R.D.M. 2007. Metode Analisis Biologi Tanah. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.

Sethi, S.K. and Adhikary, S.P. 2012. *Azotobacter* : A Plant Growth-Promoting Rhizobia Used as *Biofertilizer* **Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology and Molecular Biology**.

Simanungkalit, R. D. M., Suriadikarta., Saraswati, R., dan Hartatik, W. 2006. **Pupuk Organik Dan Pupuk Hayati: Organik Fertilizer And Biofertilizer**. Balai Penelitian dan Pengembangan Lahan Pertanian. Bogor.

Simanungkalit, R.D.M., Husen, E., Saraswati, R., and Irawan. Charaterization and Quality Assessment of Indonesian

Comercial *Biofertilizer*. **Indonesian Journal of Agriculture Science**, Vol 8 No 1 : 31- 38.

Singh, S. *and* Nain, L. 2014. Microorganism in the Conversion of Agricultural Wastes to Compost. **Proc Indian Natn Sic Acad**, No. 2 : 473-481.

SNI 06-2480-1991. **Metode Pengujian Kadar Nitrat dalam Air dengan Alat Spektrofotometer Secara Brusin Sulfat**.

SNI 19-7030-2004. **Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik**.

SNI-2803-2010. **Pupuk NPK Padat**.

Srihati dan Salim. 2010. Pemanfaatan Sampah Taman (rumput-rumputan) untuk Pembuatan Kompos. **Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia**. ISSN 1693-4393.

Stephen, A. M. *and* Chrums, S.C. 1995. **Gum and Mucilages**. New York: Marcel Dekker Inc.

Sudarmi. 2013. Pentingnya Unsur Hara Mikro Bagi Tanaman. **Jurnal Agroindustri**. Vol 22 No 2.

Syafriudin dan Zaman, B. 2007. Pengomposan Limbah Hitam dengan Penambahan Kotoran Kambing pada Variasi Berbeda dengan Menggunakan Starter EM4. **TEKNIK**, Vol. 28, No.2 : ISSN 0852-0853.

Tjahjadi, P. 2007. **Fisiologi Mikroba**. Jakarta: Bumi Aksara.

Utari, Ni Wayan, Tamrin, dan Triyono, Sugeng. 2015. Kajian Karakteristik Fisik Pupuk Organik Granul dengan Dua Jenis Bahan Perekat. **Jurnal Teknik Pertanian**.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pembuatan Medium *Nutrient Agar*

Nutrient Agar

- Sebanyak 0,7 gram ditimbang dan dilarutkan pada 25 ml akuades
- Medium dihomogenkan diatas hot plate \pm 10 menit, diautoklave dan didiamkan selama 24 jam



Lampiran 2. Skema Kerja Subkultur *Azotobacter*

Azotobacter A1b, A3, A6, A9, A10

- Masing – masing isolat di subkultur pada NA miring sebanyak satu ose
- Subkultur diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang



Lampiran 3. Pembuatan Medium Starter sebagai Inokulan Kompos

Azotobacter A1b,
A3, A6, A9, A10



- Sebayak satu ose diinokulasikan pada tabung reaksi yang berisi 6 ml medium NB(starter 1)
- Medium dihomogenkan diatas shaker selama 10 jam



Masing – masing starter diuji kepadatan selnya hingga 10^8 , menggunakan *haemocytometer*



Setelah masing – masing starter mencapai 10^8 dipindahkan pada Erlenmeyer berisi 270 ml medium NB (starter 2) dan diinkubasi 10 jam



Lampiran 4. Proses pengomposan



Sebayak 3000 gram daun dicuci, dijemur dan dihaluskan

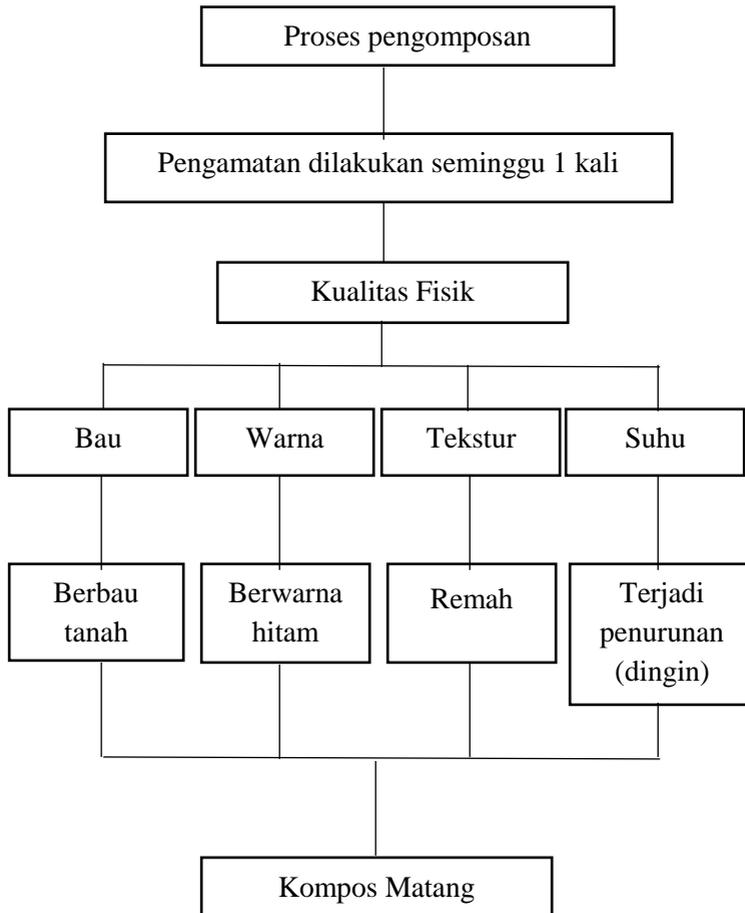
Starter 2 sebanyak 300 ml, Air gula 1500 ml dicampurkan dengan seresah daun

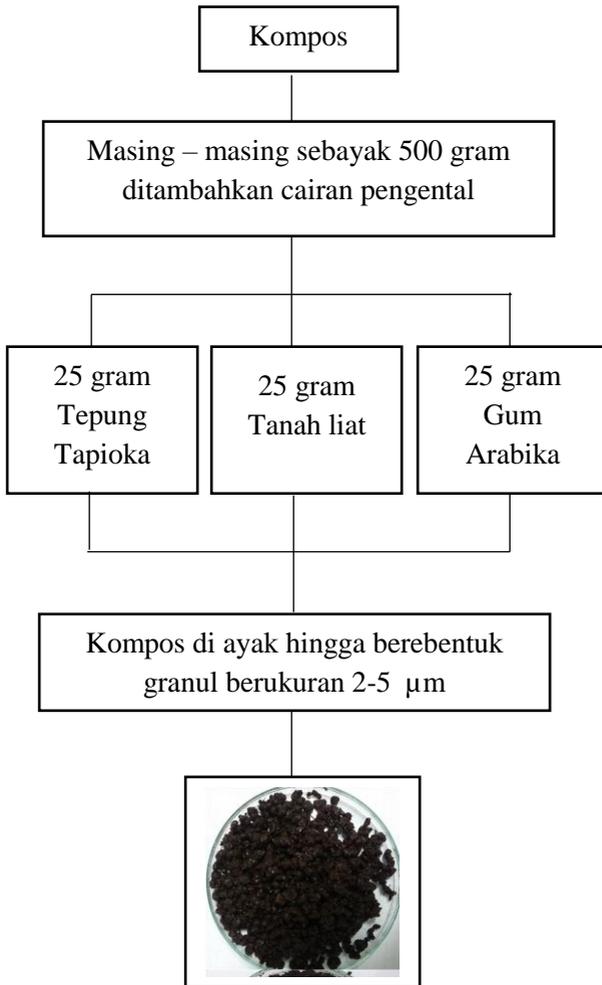


Kompos didiamkan selama 4 minggu diamati warna, bau, tekstur, dan suhu



Lampiran 5. Analisa Maturasi Kompos



Lampiran 6. Pembuatan *Biofertilizer* Granul

Lampiran 7. Perhitungan Viabilitas

Biofertilizer granul

- Masing – masing dari perlakuan sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml akuades, diencerkan hingga 10^{-3}
- Larutan diambil 100 μl dan dituangkan pada medium *Azotobacter Agar*
- Medium diinkubasi selama 24 jam, dan dihitung koloni dengan metode TPC



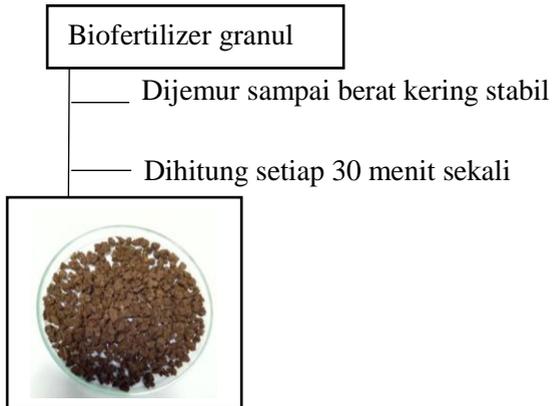
Lampiran 8. Perhitungan Waktu Dispersi

Biofertilizer granul

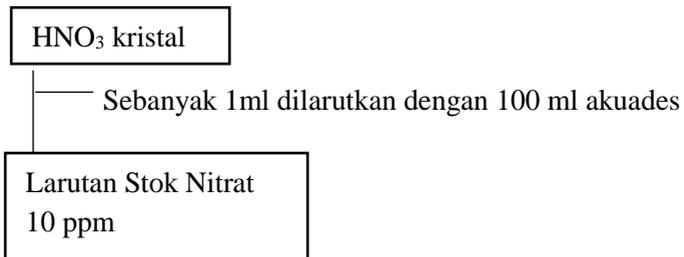
- Masing- masing dari perlakuan sebanyak 5 gram dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 500 ml
- Diamati sampai granul hancur



Lampiran 9. Skema Kerja Perhitungan Kadar Air



Lampiran 10. Skema Kerja Perhitungan Nitrat

Pembuatan Larutan Standart

Pembuatan Brucin Asam Sulfanilat

HNO₃ kristal

- Sebanyak 0,1 gr Asam sulfanilat dan 3 ml HCl pekat ditambahkan ke 70 ml akuades
- Diencerkan sampai 100 ml dengan akuades

Larutan Stok Nitrat
10 ppm

Pembuatan Kurva Standar

Larutan stok Nitrat 10 ppm

- Diencerkan dengan akuades dan dibuat konsentrasi 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2 ppm
- Masing - masing konsentrasi diencerkan hingga volume 10 ml

Larutan Stok Nitrat 0-2 ppm dengan interval 0,25 ppm

- Ditambahkan 0,2 ml larutan NaCl 30 % (w/v)
- Ditambahkan 1 ml larutan H₂SO₄
- Dihomogenkan dan dibirakan dingin
- Ditambahkan 50 µl larutan Brusin Asam Sulfat
- Diaduk dan dipanaskan di penangas air pada suhu < 90°C selama 20 menit dan didinginkan
- Diambil 2 ml dan diukur absorbansinya dengan spectrometer 410 nm

Kurva standart Nitrat

Larutan Nitrat Tersedia**Kompos**

— Diambil 1 gram dari tiap konsentrasi perlakuan inokulan

— Dilarutkan dalam 9 ml akuades steril dan dihomogenkan

— Disaring dengan kertas saring Wathman

— Ditambahkan 0,2 ml larutan NaCl 30 % (w/v)

— Ditambahkan 1 ml larutan H₂SO₄

— Dihomogenkan dan dibirakan dingin

— Ditambahkan 50 µl larutan Brusin Asam Sulfat

— Diaduk dan dipanaskan di penangas air pada suhu < 90°C selama 20 menit dan didinginkan

— Diambil 2 ml dan diukur absorbansinya dengan spectrometer 410 nm

— Pengukuran absorbansi dilakukan tiga kali (bulan ke-0, bulan ke-1, dan bulan ke-2)

Konsentrasi Nitrat Tersedia

Lampiran 11. Perhitungan Fosfat Terlarut

Pembuatan Larutan Standart dan kurva standart

HO₃PO₄

— Sebanyak 10 mg dilarutkan dengan 100 ml akuades

Larutan stok PO₄³⁻ 100 ppm

— Diencerkan dengan akuades dan dibuat konsentrasi
0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 22,5; 25

— Masing -masing konsentrasi diencerkan hingga
volume 2 ml

Larutan PO₄³⁻ 0-25

— Ditambahkan 0,2 ml pereaksi pewarna fosfat

— Dikocok beberapa menit

— Didiamkan 30 menit

— Diukur absorbansi dengan Spektrofotometer 600 nm

Kurva standart Nitrat

Perhitungan fosfat terlarut

Kompos

- Diambil 1 gram dari tiap konsentrasi perlakuan inokulan
- Dilarutkan dalam 9 ml akuades steril dan dihomogenkan
- Disaring dengan kertas saring Wathman
- Diambil sebanyak 1 ml dilarutkan dengan 9ml Pikovskaya cair dan dihomogenkan
- Diinkubasi di atas *rotary shaker* 100 rpm pada suhu ruang selama 24 jam

Sedian untuk uji Fosfat terlarut

- Disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit
- Supernatan dipipet sebanyak 2 ml dan dimasukkan tabung reaksi
- Ditambah 0,2 ml pereaksi pewarna fosfat dan dihomogenkan
- Didiamkan 30 menit
- Pengukuran absorbansi dilakukan tiga kali (bulan ke-0, bulan ke-1, dan bulan ke-2)

Konsentrasi Fosfat terlarut

Lampiran 12. Perhitungan Kalium

Pembuatan Larutan Standart dan kurva standart

KCl kristal

— Sebanyak 1 mg dilarutkan dengan 100 ml

Larutan stok KCl 10 ppm

— Diencerkan dengan akuades dan dibuat konsentrasi 0; 5; 1; 2; 4; 8 ppm

— Masing-masing konsentrasi diencerkan hingga volume 1 ml

Larutan KCl konsentrasi 0; 5; 1; 2; 4; 8 ppm

— Ditambahkan 0,5 ml HCl 1 N

— Ditambahkan 5 ml aquades

— Larutan dihomogenkan dan dibiarkan dingin

— Diaduk dan dipanaskan di penangas air pada suhu $< 90^{\circ}\text{C}$ selama 5 menit hingga timbul asap putih dan didinginkan

— Diencerkan sampai 10 ml dengan aquades

— Diambil 5 ml dan ditambahkan 1 ml larutan suporsor kalium

— Diambil 2 ml dan diukur absorbansi dengan Spektrofotometer 600 nm

Kurva standart Kalium

Perhitungan Kalium Tersedia

Kompos

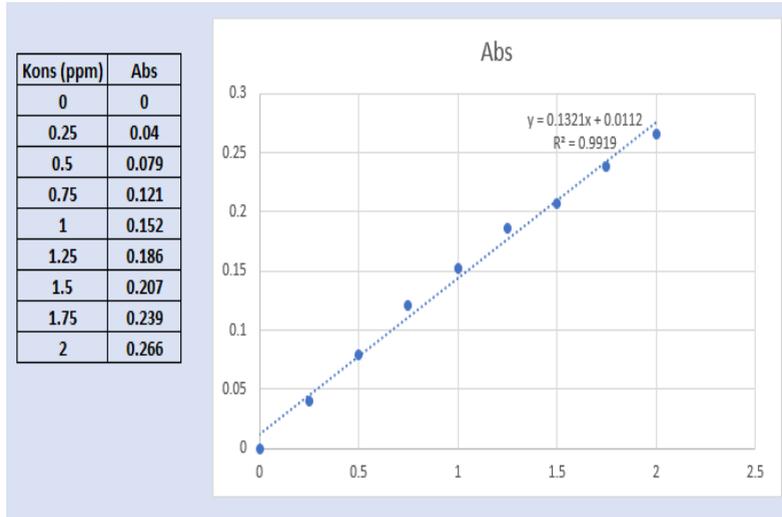
- Diambil 1 gram dari tiap konsentrasi perlakuan inokulan
- Dilarutkan dalam 9 ml akuades steril dan dihomogenkan
- Disaring dengan kertas saring Wathman
- Diambil sebanyak 1 ml dan ditambahkan 0,5 ml HCl 1 N dan 5 ml akuades
- Dihomogenkan dan dibiarkan dingin
- Diaduk dan dipanaskan di penangas air pada suhu $< 90^{\circ}\text{C}$ selama 5 menit hingga timbul asap putih dan didinginkan
- Diencerkan sampai 10 ml dengan aquades
- Diambil 5 ml dan ditambahkan 1 ml larutan supesor kalium
- Diambil 2 ml dan diukur absorbansi dengan Spektrofotometer 600 nm

Konsentrasi Kalium tersedia

Lampiran 13. Data Suhu

Hari	Suhu
Ke-0	29 °C
Ke-1	30 °C
Ke-2	37 °C
Ke-3	37 °C
Ke-4	38 °C
Ke-5	38 °C
Ke-6	38 °C
Ke-13	35 °C
Ke-20	31 °C
Ke-27	28 °C

Lampiran 14. Konsentrasi Nitrat

Nilai absorbansi konsentrasi Nitrat

Bahan Perekat	Bulan ke-0	Bulan ke-1	Bulan ke-2
Tepung Tapioka	1.032	0,840	0,630
Tanah Liat	0,981	0,516	0,436
Gum arabika	1,452	1,136	0,940

Lampiran 15. Konsentrasi Fosfat

Kons (ppm)	Abs
0	0
2.5	0.04
5	0.075
7.5	0.08
10	0.141
12.5	0.187
15	0.206
17.5	0.226
20	0.28
22.5	0.311
25	0.362

Nilai absorbansi konsentrasi Fosfat

Bahan Perekat	Bulan ke-0	Bulan ke-1	Bulan ke-2
Tepung Tapioka	0,553	0,404	0,333
Tanah Liat	0,154	0,308	0,277
Gum arabika	0,856	0,710	0,265

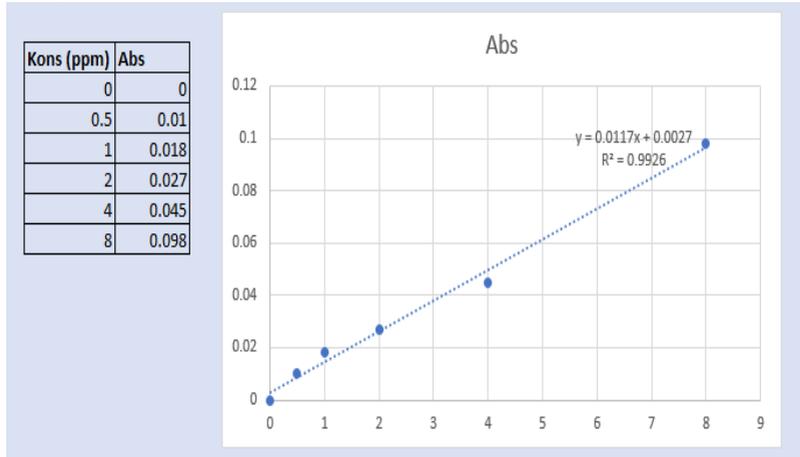
Rumus persentase Fosfat

Kadar P (%) = ppm kurva x ml ekstrak/ 1000 ml x 100/mg
contoh x faktor pengenceran x 31/95

Keterangan:

Ppm kurva = $0,0141x - 0,0023$

Lampiran 16. Konsentrasi Kalium

Nilai absorbansi konsentrasi Kalium

Bahan Perekat	Bulan ke-0	Bulan ke-1	Bulan ke-2
Tepung Tapioka	0,328	0,288	0,187
Tanah Liat	0,231	0,246	0,080
Gum arabika	0,359	0,302	0,100

Rumus persentase Kalium

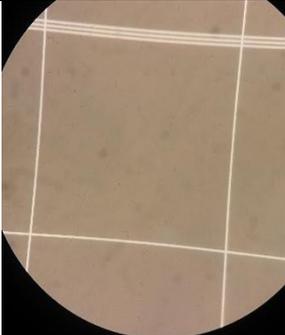
Kadar K (%) = ppm kurva x ml ekstrak/ 1000 ml x 100/mg
contoh x faktor pengenceran

Keterangan:

Ppm kurva = 0,017x - 0,0027

Lampiran 17. Gambar Proses Pengomposan

	
Seresah daun	Seresah setelah dihaluskan
	
Nutrient Broth	Nutrient Agar
	
Subkultur pada medium NA	Inokulasi pada medium NB

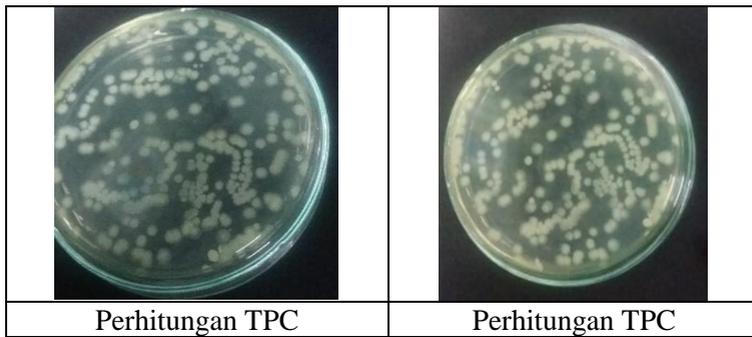
	
<p>Starter 1</p>	<p>Starter 2</p>
	
<p>Pengukuran kepadatan sel</p>	<p>Perhitungan ruang hitung</p>
	
<p>Pencampuran inokulan</p>	<p>Pengadukan inokulan</p>

	
Kompos Minggu Ke-0	Kompos Minggu Ke-1
	
Kompos Minggu ke-2	Kompos Minggu Ke-3

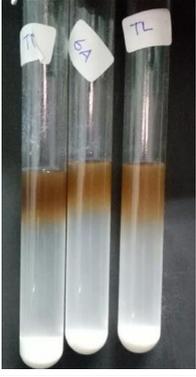
Lampiran 18. Gambar Proses Granulasi

	
Kompos	Gum Arabika
	
Tepung Tapioka	Tanah Liat
	
Biofertilizer granul	Penjemuran

Lampiran 19. Gambar Perhitungan Viabilitas



Lampiran 20. Gambar Uji Konsentrasi fosfat, Nitrat, Kalium

	
Pikovskaya Cair	Uji Konsentrasi Fosfat
	
Pewarna Fosfat	Uji Konsentrasi Fosfat
	
Uji Konsentrasi Nitrat	<i>Brucin Asam Sulfanilat</i>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Nganjuk, 27 Februari 1994. Penulis adalah anak kedua dari tiga bersaudara. Riwayat Pendidikan penulis adalah sebagai berikut TK Khatijah II (1998-2000), SDN Begadung I Nganjuk (2000-2003), SDN Unggulan Nganjuk (2004-2006), SMPN 1 Nganjuk (2006-2009), SMAN 2 Nganjuk (2009-2012), Biologi FMIPA ITS (2013-selesai). Pengalaman organisasi yang

pernah diikuti oleh penulis selama menempuh pendidikan di Biologi ITS antara lain anggota (UKM) Unit Kegiatan Mahasiswa Technopreneurship (2013) dan Tari (2013), organizing comitte at *2ndInternational Biology Conference* (2014), Kepala Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Biologi ITS (2015-2016), organizing comitte at *3rdInternational Biology Conference* (2016). Penulis adalah seorang yang gemar melakukan kegiatan sosial seperti bakti sosial berupa pembagian buku, baju, makanan serta edukasi seperti mengajar baik dibidang akademik ataupun non akademik . Penulis memiliki hobi bermain basket dan memenangkan perlombaan basket tingkat institut antara lain Juara 2 Lomba basket se-FMIPA (2014-2016) dan Juara 2 Lomba basket se-ITS (2016).